Aus dem Institut für Veterinär-Physiologie
an der Freien Universität Berlin
(Direktor: Prof. Dr. G. Wittke)

Grundfrequenz des Herzschlages, atrioventrikuläre Hemmung und respiratorische Arrhythmie beim Trabrennpferd

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Grades eines
Doktors der Veterinärmedizin

durch den

Fachbereich Veterinärmedizin
der Freien Universität Berlin

vorgelegt von
Jörg L i m m e r
Tierarzt aus Dresden

Berlin 1970
Journal Nr. 705

Mit Unterstützung durch das Land Nordrhein-Westfalen

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41546512_0067

Aus dem Institut für Veterinär-Physiologie
an der Freien Universität Berlin
(Direktor: Prof. Dr. G. Wittke)

Grundfrequenz des Herzschlages, atrioventrikuläre Hemmung und respiratorische Arrhythmie beim Trabrennpferd

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Grades eines
Doktors der Veterinärmedizin

durch den

Fachbereich Veterinärmedizin
der Freien Universität Berlin

vorgelegt von
Jörg L i m m e r
Tierarzt aus Dresden

Berlin 1970
Journal Nr. 705

Mit Unterstützung durch das Land Nordrhein-Westfalen

Gedruckt mit Genehmigung des Fachbereichs Veterinärmedizin
der Freien Universität Berlin

Vorsitz:	Prof. Dr. J. Boch
Referent:	Prof. Dr. G. Wittke
Korreferent:	Prof. Dr. H.-J. Wintzer

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

Tag der mündlichen Prüfung: 1o.7.197o

Inhaltsverzeichnis

		Seite
I.	Einleitung und Fragestellung	1
II.	Literaturübersicht	2
III.	Eigene Untersuchungen	12
A	Methodik	12
B	Ergebnisse	24
IV.	Diskussion der Ergebnisse	43
V.	Zusammenfassung	51
VI.	Literaturverzeichnis	52

I. Einleitung und Fragestellung

Zur Zeit sind erneut Untersuchungen im Gange, welche zum Ziel haben, Aussagen über Trainingszustand bzw. Leistungsfähigkeit beim Sportpferd machen zu können. Sie bestehen unter anderem in der Erfassung der Herzschlagfrequenz (Hf) vor, während und nach definierter Belastung. Für die Beurteilung der Belastungswerte ist als Bezugsbasis die Hf unter Ruhebedingungen von großem Interesse.

Häufig wird der Ausdruck "Ruhewert" für Befunde verwendet, die unter Bedingungen aufgenommen worden sind, die sich nicht auf eine eindeutige Definition der "Ruhe" stützen. Es erscheint daher sinnvoll, Untersuchungen über die Hf der Sportpferde unter standardisierten Ruhebedingungen anzustellen und sie mit älteren Werten zu vergleichen. Für die so erhobenen Befunde soll der Begriff Grundfrequenz eingeführt werden. Er ist definiert als die Hf eines Tieres im Zustand motorischer wie psychischer Ruhe ohne Störung von außen. Dabei werden tageszeitliche Schwankungen berücksichtigt und die Hauptfütterungszeiten umgangen. Die Grundfrequenz soll im engeren Bereich der Minimalfrequenz liegen, die ihrerseits das absolute Minimum innerhalb eines Meßzeitraumes darstellt.

Mit der vorliegenden Arbeit ist versucht worden, Grundfrequenzen beim Trabrennpferd zu messen. Dabei haben auch Hemmungen der atrioventrikulären Überleitung und respiratorische Arrhythmien Beachtung gefunden. Den eigenen Versuchen sei eine Zusammenfassung der Ergebnisse der Elektrokardiographie beim Pferde vorangestellt, sofern sie methodisch und inhaltlich für diese Arbeit von Belang sind.

II. Literaturübersicht

Das Elektrokardiogramm (EKG)

Zunächst soll auf das EKG eingegangen werden, dessen Ableitungstechnik und Interpretation beim Menschen sehr weit fortgeschritten ist, während beim Tier und speziell beim Pferd selbst die Standardisierung der Ableitung noch Schwierigkeiten bereitet. Beim EKG wird eine Differenzierung in einen Vorhofsteil und einen Kammerteil vorgenommen (u.a. HEINECKER (2o)). Entsprechend der EINTHOVENschen Nomenklatur sind in ersterem die P-Welle als Ausdruck der Vorhofserregung und die PQ-Strecke mit beginnender Erregungsrückbildung in den Vorhöfen und Erregungsübertritt in den Atrioventrikularknoten (Av-Knoten) zusammengefaßt. Das Vorhofsteil entspricht dem Av-Intervall oder der Überleitungszeit. Beim Kammerteil wird unterschieden zwischen der Kammeranfangsschwankung mit dem QRS-Komplex der Kammererregung und dem Kammerendteil mit der weitgehend isoelektrischen ST-Strecke und der T-Welle als Ausdruck der Repolarisationsvorgänge in den Ventrikeln. P-Welle, R-Zacke und T-Welle sind positiv. Als einzige elektrische Äußerung in der Diastole wird zuweilen noch eine nicht völlig abgeklärte U-Welle beobachtet.

Das EKG des Pferdes weist gegenüber dem des Menschen Abweichungen in der Ausbildung der P- und der T-Welle auf. Bei Anwendung spezieller Ableitungstechniken findet man auch einen pferdespezifischen QRS-Komplex.

Die P-Welle ist von NÖRR (43), KAHN (26), PILZECKER (47), KRAFT und WEPPLER (31) zweigipflig gefunden worden. NÖRR (43) beschreibt dazu noch eine zeitweilig auftretende vorgeschaltete Erhebung sowie eine finale Vorhofsschwankung. Nach KUSACHI und SATO (35), LUISADA et al. (41), GRAUWILER (19), KRONEMAN (32), DUKES und BATT (14) ist die P-Welle ein komplexes, mono-, di- oder mehrphasiges Gebilde mit positiver oder nega-

tiver Auslenkung. Die Dauer wird mit o,o8 bis o,2 sec, im Mittel mit o,15 sec angegeben (NÖRR (43), KAHN (26), LUISADA et al. (41), STEEL (61) und GRAUWILER (19)). Die T-Welle variiert in der von NÖRR (43), KAHN (26) und PILZECKER (47) angewendeten Ableitung von linker Unterbrust und rechter Vorderbrust von rein negativ zu biphasisch mit der Kombination negativ-positiv und umgekehrt. DUKES und BATT (14), KUSACHI und SATO (35), KRAFT und WEPPLER (31) sowie KRONEMAN (32) haben bei ihren Extremitätenableitungen Ähnliches beobachtet, jedoch ist an die Stelle reiner Negativität eine positive Auslenkung getreten.

Bei der Besprechung des QRS-Komplexes müssen noch nomenklatorische Schwierigkeiten erörtert werden. Während zu Beginn der Elektrokardiographie am Pferd (NÖRR (43), KAHN (26) und PILZECKER (47)) noch die Nomenklatur von KRAUS-NICOLAI bevorzugt worden ist, hat die von EINTHOVEN heute allgemein Eingang in die Veterinärmedizin gefunden. In den verschiedenen Ableitungen, so auch in der von NÖRR (43) und KAHN (26) vorgeschlagenen, hat die Hauptschwankung des Initialkomplexes negativen Verlauf und überschreitet die Isopotentiallinie nicht mehr in Form einer deutlichen Endzacke. Diese Befunde stellen ein weiteres Charakteristikum des Pferde-EKGs dar. Nach der EINTHOVENschen Definition ist einerseits der Begriff QRS-Komplex nicht an die Ausbildung aller drei Zacken gebunden und andererseits wird R als der höchste Ausschlag des EKGs bezeichnet (LEPESCHKIN, 39). SPÖRRI (6o) dagegen bezeichnet die erste positive Zacke des Elektroventrikulogrammes entsprechend der HOLZMANNschen Terminologie mit R. LEPESCHKIN (39) schließlich spricht in diesem Zusammenhang noch von einer kleinen R- bzw. Q-Zacke und einer großen S- bzw. R-Zacke. Im Interesse der Übersichtlichkeit und in Übereinstimmung mit der Mehrzahl der Autoren dürfte es vorteilhaft sein, den Kammerkomplex in der Reihenfolge Q und R zu bezeichnen. Eine S-Zacke würde dann fehlen.

Schließlich ist noch vom Av-Intervall bzw. PQ- oder PR-Intervall des Pferdes zu berichten. Er ist im Vergleich zu anderen Spezies sehr groß, wobei eine Abhängigkeit von der Frequenz besteht. Über seine Dauer werden von NÖRR (43), KAHN (26), PILZECKER (47), DUKES und BATT (14), LUISADA et al. (41), DETWEILER (1o), STEEL (61), KRAFT und WEPPLER (31), GRAUWILER (19), HOLMES und ALPS (23), WITTKE und BAYER (67) Angaben zwischen o,2 und o,66 sec, im Mittel zwischen o,25 und o,38 sec gemacht. KRAFT und WEPPLER (31) geben an, daß das Av-Intervall von Vollblütern kürzer als das von Warmblütern ist. Allerdings ist die Differenz von o,26 zu o,28 sec sehr gering.

Ableitungsmethoden

Die Ableitung von der Körperoberfläche hat anfangs große technische Probleme aufgeworfen. LAUTENSCHLAGER (38) gibt einen Überblick über die seinerzeit verwendeten Elektroden. Neben Plattenelektroden aus Zink oder Silber sind solche unter Verwendung von Zinksulfat sowie Nadelelektroden zu nennen. Inzwischen werden Ableitungen unter Verwendung von Elektroden-Gel vorgezogen, wobei die von BAYER (5) entwickelten Andruckelektroden eine praktisch sehr bewährte Methode darstellen.

Zunächst sind am Pferd von NÖRR (43), KAHN (26) und LAUTENSCHLAGER (38) die aus der Humanmedizin bekannten Extremitätenableitungen erprobt und für wenig geeignet befunden worden. Die von ihnen bevorzugte Ableitung linke Unterbrust - rechte Vorderbrust hält auch OBEL (46) für völlig ausreichend. Dagegen haben DUKES und BATT (14), DETWEILER (10) sowie KRAFT und WEPPLER (31) die Extremitätenableitungen mit Erfolg angewendet. Weitere Untersucher (KUSACHI und SATO, 35; STEEL, 61) haben außerdem noch weitere Kombinationen zwischen Extremitäten und geeigneten Körperregionen wie Widerrist und Schulter versucht. LANNEK und RUTQUIST (37) haben

eine engere Anlehnung an die Techniken der Elektrokardiographie beim Menschen gefordert. Sie halten eine stärkere Berücksichtigung der unipolaren Ableitungen für notwendig, um durch das EKG erkennbare Herzerkrankungen besser erfassen zu können. Die unterschiedlichen Auffassungen und Befunde haben bisher eine Standardisierung des Pferde-EKGs verhindert.

Eine Sonderstellung nimmt die von OTT (45), BAYER (4) sowie BASSAN und OTT (3) vorgeschlagene bipolare Ableitung von Brustbein und Widerristgegend ein. Sie stellt einerseits eine Modifikation eines Vorschlages von NÖRR (43) dar und lehnt sich andererseits an die in der Humanmedizin geübte NEHB-A Ableitung an. Das Ergebnis ist ein typisches Pferde-EKG mit positiver P- und T-Welle sowie negativer R- (S-) Zacke. Hier ist der ganz spezielle Verwendungszweck auch während der Belastung zu berücksichtigen, wobei es weniger auf die Formkriterien als auf die Bestimmung der Herzfrequenz ankommt. Diese setzt die Ausbildung einer möglichst großen R-Zacke voraus. Die zeitlichen Verhältnisse der einzelnen EKG-Anteile zueinander sind hierbei natürlich unverfälscht.

Die Herzfrequenz des Pferdes in Ruhe

Über die Herzfrequenz des Pferdes in Ruhe werden in der Literatur zahlreiche Angaben gemacht. In den folgenden Tabellen 1a und 1b sind die bisherigen Ergebnisse zusammengestellt.

Die Lehrbücher geben meist Minimal- und Maximalwerte für Pferde an, ohne dabei Rasse, Geschlecht oder Art des Untersuchungsganges näher zu bezeichnen. Für das erwachsene Pferd werden Werte zwischen 28 und 65 Herzschläge/Minute genannt.

In den Einzelarbeiten sind bereits nähere Details zu erfahren. So haben REICHERT (48), TAUBITZ (63), BRÄUNING (7), GEHRING (18), DUSEK (16) und CARDINET et al. (9) ihre Ruhefrequenzen palpatorisch, phonendoskopisch oder durch Auflegen

Tabelle 1a

Angaben über die Ruhe-Hf des Pferdes in Lehrbüchern

Verfasser	Seite	Hf [n/min]	Bemerkungen
SCHEUNERT-TRAUTMANN-KRZYWANEK 1.Aufl. (52)	175	28-4o	erwachsen
SCHEUNERT-TRAUTMANN 5.Aufl. (53)	36o	28-4o	erwachsen
KOLB 2.Aufl. (3o)	465	32-44	
DUKES 7.Aufl. (15)	143	44-65 39-62 36-59 36-57	2 jährig 3 jährig 4 jährig 5 jährig
DISSELHORST-MANGOLD 6.Aufl. (12)	191	28-4o 36	Mittelwerte
ELLENBERGER-SCHEUNERT 2.Aufl. (17)	6o	3o-45	Mittelwerte
RIHL in BETHE-BERGMANN Bd.VII, 1927 (49)	456	34-36	400 kg Körpergew.

des Ohres in der Herzgegend ermittelt, während die übrigen Autoren ihre Werte aus den Elektrokardiogrammen ableiten. Über die Abhängigkeit von einzelnen Faktoren und über die Art der eingehaltenen Ruhebedingungen werden unterschiedliche Aussagen gemacht.

REICHERT (48) befaßt sich speziell mit der Abhängigkeit der Hf von Futter, Geschlecht, Alter, Rasse, Tages- und Jahreszeit. Die Rückkehr zur Norm nach Futteraufnahme ist demnach bei edleren Pferden in zwei Stunden abgeschlossen. Männliche Tiere haben niedrigere Frequenzen als weibliche, junge dagegen höhere als alte. Die Frequenz edlerer Tiere liegt tiefer als die schwererer Rassen. TAUBITZ (63) gibt an, daß seine Messungen zwei Stunden nach der Arbeit stattgefunden haben. Von

einer 5-minütigen Pulszählung nimmt er den niedrigsten Wert. BRÄUNING (7) untersucht an "völlig ausgeruhten" Pferden zwei Stunden nach der Mittagsfütterung und stellt eine Altersabhängigkeit wie REICHERT (48) fest. GEHRING (18) fordert auf Grund der bei seinen Ergebnissen aufgetretenen Differenzen eine mehrmalige Messung zu unterschiedlichen Tageszeiten. DUSEK (16) schließlich nimmt an 1o Stuten mehrmalige Untersuchungen am Morgen zwischen 7.oo und 8.oo Uhr vor. Er findet signifikante Erniedrigungen der Pulsfrequenz nach einem halbjährigen Trainingsintervall. WITTKE und BAYER (68) sowie CARDINET et al. (9) haben ihre Ruhewerte an Sportpferden vor Turnieren oder Trainingsläufen bzw. vor dem Start zu mehrtägigen Dauerprüfungen gewonnen. Für die übrigen Autoren sind die Ruhefrequenzen meist Nebenprodukte im Rahmen von EKG-Untersuchungen in Ruhe oder nach Belastung. Daher erfolgen die entsprechenden Angaben meist kommentarlos.

Die Wahl des Untersuchungsortes ist ebenfalls unterschiedlich. Die Messungen erfolgten im Freien (PILZECKER, 47; WITTKE und BAYER, 67), auf der Stallgasse (KRAFT und WEPPLER, 31), in der Box (TAUBITZ, 63; BRÄUNING, 7; STEEL, 61) oder in einem besonderen Raum (WITTKE und BAYER, 67).

OBEL (46), DUSEK (16), WITTKE und BAYER (67) diskutierten den Vaguseinfluß im Sinne einer Sinusbradykardie. Während OBEL (46) eine Hf-Senkung nach Applikation eines Parasympathikomimetikums für beweisend hält, ziehen DUSEK (16) und MARSLAND (42) aus ihren Untersuchungsergebnissen den Schluß, daß Training den Vagustonus und damit die Hf moduliert. WITTKE und BAYER (68) stellen nach Vergleich ihrer Ergebnisse mit den in den Lehrbüchern angegebenen Ruhewerten keine Trainingsbradykardie fest und führen dies u.a. auf sympathikotone Einflüsse sowie auf die Art des Trainings zurück.

Tabelle 1b

Angaben über die Ruhe-Hf des Pferdes in Einzelarbeiten

Verfasser	Jahr	Hf [n/min]	Bemerkungen	Untersuchungs-meth.
REICHERT (48)	1909	40,5 38,5	Kaltbl. Warmbl.	palp.
NÖRR (43)	1913	36	Warmbl.	EKG
TAUBITZ (63)	1924	28,7	Ostpreußen	palp.
BRÄUNING (7)	1933	33	Kavall.pfd.	auskult.
PILZECKER (47)	1936	41,1	Warmbl.	EKG
GEHRING (18)	1939	31-39	Warmbl.	palp. phonendosk.
OBEL (46)	1942	37-40	Warmbl.	EKG
LUISADA, WEISZ u. HANTMAN (41)	1944	35-40 22-30	Ponies Vollbl.	EKG
LANNEK u. RUTQUIST (36)	1951	43,6 43(28-70)	Kaltbl. Warmbl.	EKG
DETWEILER (10)	1952	35±5		EKG
KÜNZLE (34)	1957	38±5,6 37±7,2 35±3,4	Kaltbl. Warmbl. Vollbl.	EKG
STEEL (61)	1957	35,9±5,8	Warmbl. Vollbl.	EKG
KLEMENT (27)	1957	30-40	Warmbl.	phonokardio-graphisch
KRAFT u. WEPPLER (31)	1958	47(26-110) 45(31-71)	Warmbl. Vollbl.	EKG
GRAUWILER (19)	1958	40(27-55)		
CARDINET, FOWLER u. TYLER (9)	1963	39±5	meist Kreuz. Voll-Warmbl.	phon-endosk.
DUSEK (16)	1967	42/38	Kladruber	palp.
BAYER (5)	1968	38,7±4,9 39,6±5,8	Traber	EKG
WITTKE u. BAYER (67)	1968	36,9±4/ 43,7±6,4	Militär-rypfd.	EKG
BASSAN u. OTT (3)	1968	34,9-41,1	Warmbl.	EKG
MARSLAND (42)	1968	34,3 (27-39)	amer. Traber	EKG

Erregungsleitungsstörungen am Herzen

Störungen der Erregungsleitung können verschiedene Ursachen haben. Entweder kommt es zu Verzögerungen mit oder ohne gelegentliche Unterbrechungen, oder es kommt eine totale Blokkierung zustande. Je nach ihrer Lokalisierung im Erregungsleitungssystem spricht man erstens von sinoatrialen Blocks (sa Block mit Hemmung zwischen Sinusknoten und Vorhof), zweitens von atrioventrikulären Blocks (av Block mit Hemmung zwischen Vorhof und Kammer) und drittens von intraventrikulären Blocks mit Sitz im System des Hisschen Bündels oder der unspezifischen Kammermuskulatur. Ein sa Block ist durch den Ausfall von Vorhofs- und Kammererregung gekennzeichnet, wobei die dadurch entstehende Pause das Doppelte bis Vielfache der vorangehenden und nachfolgenden Perioden betragen kann. Die PP-Intervalle vor und nach dieser Blockart zeigen keine ansteigende oder absteigende Tendenz.

Der av Block stellt eine häufige Überleitungsstörung am Herzen dar und soll daher näher beschrieben werden. Er kann inkomplett oder komplett sein. Im ersten Fall wird unterschieden zwischen dem av Block 1.Grades ohne Ausfall von Kammersystolen und dem av Block 2.Grades mit mehr oder minder gehäuftem Ausbleiben des QRS-Komplexes. DETWEILER und PATTERSON (11) ordnen nur dem av Block 2.Grades das Beiwort partiell zu. Der komplette av Block wird auch av Block 3.Grades (ADAM-STOKESsche Krankheit) genannt und ist durch totale Dissoziation d.h. einen schnelleren Sinus- und einen langsameren Nodalrhythmus gekennzeichnet. Av Blocks 1. und 2.Grades können in kompletten Rhythmen oder sporadisch auftreten. Beiden gemeinsam ist eine zeitliche Verlängerung der av Intervalle über den frequenzabhängigen Normalbereich hinaus. Beim av Block 1.Grades kommt es lediglich zu einer Verlängerung der av Intervalle, wobei diese periodisch zu- und abnehmen können. Beim Pferd ist diese Blockart selten (STEEL, 61; DETWEILER und PATTERSON, 11 sowie BUCHANAN, 8).

Von besonderem Interesse ist der partielle av Block (inkompletter av Block 2.Grades). Er kommt beim Menschen selten (ROTHBERGER, 5o; HEINECKER, 2o), beim Pferd aber meistens als funktioneller Block ohne pathologische Genese infolge eines modulierenden Vagustonus vor (SPÖRRI, 59, 6o; DETWEILER und PATTERSON, 11; HOLMES und ALPS, 23). Das Verhalten der av Intervalle ist hier unterschiedlich. Während sie sich im Falle des sogenannten Wenckebach-Phänomens von Block zu Block jeweils kontinuierlich verlängern, sind auch Abweichungen im Sinne eines An- und Abstieges zwischen den Blocks möglich. HOLMES und ALPS (23) teilen das Wenckebach-Phänomen in zwei Typen ein:

1. Die av Intervalle verlängern sich sukzessiv bis zum Ausfall der Kammersystole (eigentliche Wenckebach-Periodik, im folgenden W.P. genannt).

2. Die av Intervalle bleiben bis zum Ausfall konstant. Dies entspräche der Definition des Mobitz-Blocks (HEINECKER, 2o). Wird die Herzschlagfolge in bestimmten, immer wiederkehrenden Abständen unterbrochen, so spricht man von partiellen av Blocks 3 : 2, 4 : 3 u.s.w. Dabei geben die höheren Zahlen die Summe der Sinuserregungen, die niedrigeren die Zahl der erfolgten Kammersystolen an.

Respiratorische Arrhythmie

Hierunter ist die Beeinflussung des Herzschlages durch die Atmungstätigkeit zu verstehen. Während das Inspirium mit einer Tachykardie verbunden ist, wird das Exspirium von einer Bradykardie begleitet. Für dieses Phänomen sind viele Faktoren verantwortlich gemacht worden. Während BAINBRIDGE (2) eine Abhängigkeit vom venösen Rückstrom zum rechten Vorhof, also zum zentralen Venendruck angenommen hat, sind SCHROEDER und BREHM (55) der Ansicht, daß die Hf-Beeinflussung durch atemsynchrone Änderung des peripheren Strömungswiderstandes und damit der

Füllungsgeschwindigkeit des Vorhofes geschieht. Eine Hf-Verlangsamung tritt nach SAALFELD (51) sowie ANREP et al. (1) durch Lungendehnungen ein, die zur Erregung afferenter Vagusfasern führen. Die Beeinflussung vom Atemzentrum her haben SCHLICHER et al. (54) sowie KOEPCHEN und THURAU (28) bewiesen. Bei Tieren mit künstlich stillgelegter Atmung ist eine den abgeleiteten Phrenikusaktionspotentialen synchrone Arrhythmie aufgetreten. Für diese ist nach SCHLICHER et al. (54) ein genügend hoher Tonus des "Herz-Vaguszentrums" Voraussetzung. KOEPCHEN et al. (29) sowie LEVY et al. (4o) haben sich mit dem Zusammenspiel der verschiedenen Faktoren auseinandergesetzt. Demnach ist das Primat der Verbindung zwischen Atmungs- und Kreislaufregulationszentrum zuzuerkennen.

Letztlich ist die respiratorische Arrhythmie durch Erregbarkeitsschwankungen zentraler Strukturen unter Einwirkung eines dauernden Zustromes von Impulsen aus den Rezeptorenfeldern in Lunge, Herz und zentralen Gefäßen bedingt. Die Salvendichte der efferenten Vagusfasern moduliert in direkter Proportionalität hierzu. In diesen Fasern hat JEWETT (25) kardioinhibitorische Anteile verschiedenen Typs nachgewiesen und festgestellt, daß ihre Aktivität während der Inspiration gehemmt wird.

III. Eigene Untersuchungen

A Methodik

Die Untersuchungen wurden in der Zeit von Oktober 1969 bis Januar 197o durchgeführt und gliederten sich in drei Abschnitte:

Vorversuche über 16 Stunden
Ermittlung der Grundfrequenz des Herzschlages sowie der Häufigkeit atrioventrikulärer Blocks (Versuch Nr.1 bis 8)

Hauptversuche über 2 Stunden
Ermittlung der Grundfrequenz des Herzschlages sowie der Häufigkeit atrioventrikulärer Blocks (Versuch Nr.9 bis 46)

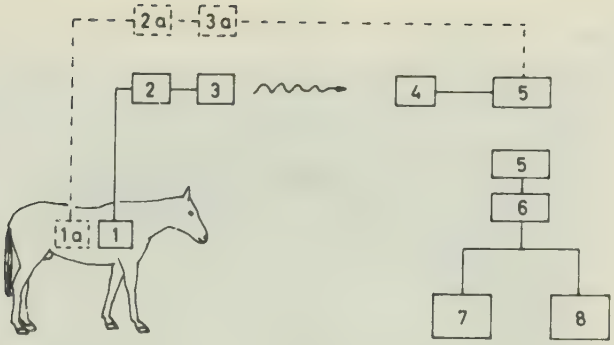
Versuche mit simultaner Aufzeichnung von EKG und Atmung mit dem Ziel, eine eventuelle Koppelung von av Blocks mit der Atmung und den Verlauf der respiratorischen Arrhythmie darzustellen (Versuch Nr.47 bis 51)

Als Versuchstiere standen 29 klinisch gesund erscheinende Traber eines Rennstalles zur Verfügung.

1. Methodik der Versuchsabschnitte 1 und 2
(siehe Abb. 1, durchgezogene Linien)

a) Technische Ausrüstung

Die Abnahme des EKGs erfolgt mit Hilfe einer Meßanordnung, welche in einem speziell dafür hergerichteten Gurt (1390 g) zusammengefaßt ist (Abb. 2). Er ist aus einem Longiergurt durch Aufnähen eines 12 cm breiten Lederstreifens entstanden. Auf der Innenseite ist in Höhe des einen Auflagepolsters eine Andruckelektrode nach BAYER (5) unverrückbar angebracht. Eine zweite gleichen Typs ist in der Nähe des Verschlusses verschieblich angeordnet. Als Befestigungsmaterial dient Leukoflex. Im Hohlraum des Gurtes sind ein Spannungsfrequenzwandler nach HIRSCHBERG (22) (120 g) und ein handelsüblicher Kleinsender



1 = Gurt mit Andruckelektroden
1a = Gurt mit Dehnungsmeßstreifen (DMS)
2,2a = Spannungsfrequenzwandler
3 = Sender
3a = DMS-Verstärker
4 = Empfänger
5 = Tonbandgerät
6 = Demodulator
7 = Oszilloskop
8 = 4-Kanalschreiber

Abb. 1 Schema der Versuchsanordnung

MIKROPORT SK 1006 von SENNHEISER (225 g) untergebracht. Beide Geräte werden durch 9 Volt Batterien gespeist. Die Kabelverbindung läuft von den beiden Elektroden zum Spannungsfrequenzwandler und von dort zum Sender. Die Empfangseinheit besteht aus einem ebenfalls batteriebetriebenen MIKROPORT-Taschenempfänger ELA T 203 und einem Tonbandgerät der Marke UHER REPORT 4200 Stereo. Hier wird das EKG gespeichert. Ein in der Stallbox aufgestelltes Mikrofon steht mit einem zweiten Tonbandgerät in Verbindung. Die Auswertung der Tonbänder erfordert die Zwischenschaltung eines Demodulators nach HIRSCHBERG (22), modifiziert von SCHÄFFER. Von hier werden die Impulse zu einem Vierkanal-Schreiber (Physiopolygraph, SCHWARZER) geleitet. Diesem ist ein Oszilloskop TELEQUIPMENT S 51 parallel geschaltet.

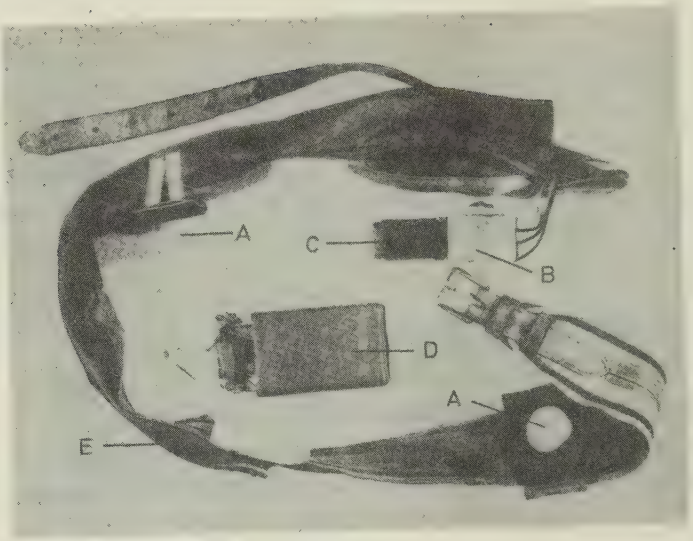


Abb. 2

Meßgurt mit zwei Andruckelektroden (A), Spannungsfrequenzwandler (B), Batteriehalterung (C), Sender (D), Lederschlauch (E)

b) Praktische Anwendung

Der oben beschriebene Gurt wurde entsprechend der Abb. 3 hinter der Vorderextremität placiert. Dabei lag die obere unverrückbare Elektrode knapp paramedian am unteren Ende des Widerristes, während die untere je nach Größe des Tieres so verschoben wurde, daß sie das Brustbein etwa in Höhe der 6.Rippe traf. Die Ableitung des EKGs erfolgte bipolar. Voraussetzung für eine gute Ableitung war, daß die Haut vorher mit Alkohol und Elektroden-Gel vorbehandelt sowie der Schwammeinsatz der Andruckelektroden mit Elektroden-Gel durchtränkt wurde. Während der Versuche lag die Pferdedecke über der Meßeinheit. Die Emp-

fangseinheit befand sich in einem separaten Raum, von dem aus auch die akustische Überwachung des Versuchstieres vorgenommen werden konnte. Die frequenzmoduliert auf Tonbändern gespeicherten EKG-Aufnahmen wurden im Institut ausgewertet. Der Dekodierung folgte die Schreibung durch den Physiopolygraphen mit einem Papiervorschub von 1o mm/sec (bzw. 5o mm/sec zur Feinanalyse der av Blocks) bei gleichzeitiger optischer Kontrolle unter Verwendung des Oszilloskopes.

Abb. 3 Pferd mit umgelegtem Meßgurt

c) Versuchstiere (Vtt.)

Es wurden 15 Hengste und 14 Stuten untersucht. Die Hengste waren 2 bis 9 Jahre alt. Es ergab sich eine Aufteilung von jeweils drei 2-, 3-, 4- und 5-jährigen Tieren sowie jeweils einem 6-, 7- und 9-jährigen Tier. In altersmäßig absteigender Reihenfolge erhielten die Tiere die Nummern 1 bis 15. Während die Hengste Nr. 6, 13, 14 und 15 zum Zeitpunkt der Untersuchung in einem Training mit langsamer Gangart standen, waren die übrigen voll trainiert und liefen Rennen. Das Alter der Stuten schwankte zwischen 2 und 5 Jahren. Hier waren jeweils fünf Tiere 2- und 3-jährig, eines 4-jährig und drei 5-jährig. Ihnen wurden entsprechend dem Verfahren bei den Hengsten die Nummern 16 bis 29 zugeteilt. Die Vtt.Nr. 16 bis 22 waren Startpferde, während die mit der Nr. 23 bis 29 nur im Training standen, wobei die Trabgeschwindigkeit zwischen "Tempo" und "langsam" genommen wurde.

In der überwiegenden Mehrzahl hatten die Pferde ein unauffälliges Temperament. Die Vtt.Nr. 2, 6, 11, 12 und 15 zeigten während der Versuchsvorbereitungen ein besonders ruhiges Verhalten. Demgegenüber waren die Vtt.Nr. 8, 16 und 27 dabei mehr oder minder aufgeregt.

Die drei Fütterungszeiten lagen morgens gegen 7.oo Uhr, mittags gegen 12.oo Uhr und nachmittags zwischen 16.oo und 17.oo Uhr. Nach der Tränkung mit Wasser ad libitum erhielten die Tiere morgens und mittags je ein Maß und nachmittags 3 bis 3 $\frac{1}{2}$ Maß Hafer. Mittags wurde noch zusätzlich Heu gegeben. Dieses fraßen die Tiere zwischen den Hauptmahlzeiten, so auch abends und nachts. Darüber hinaus wurde vor und während der Versuche nichts an die Pferde verfüttert.

d) Versuchsbedingungen und Ablauf

Um die Bedingungen gleich zu halten, wurden sie soweit wie möglich normiert. Zunächst fütterte ich alle in Frage kommenden Tiere vor Beginn der Versuchsserie wiederholt selbst, um sie an mich zu gewöhnen. Desgleichen legte ich ihnen den Meßgurt mehrmals für längere Zeit um. Bei den Vor- und Hauptversuchen wurden folgende Bedingungen gestellt und eingehalten: Die letzten beiden Tage vor dem Versuch durfte das Tier nur langsam gegangen sein oder sich in der Box aufgehalten haben. Dabei war "langsam gehen" definiert als etwa 15-minütiges langsames Traben vor einem zweirädrigen Wagen (Longshaft), wobei es nicht zu einem Schweißausbruch kommen durfte. Am Versuchstag selbst gingen die Tiere ebenfalls langsam. Die Messungen fanden immer zur gleichen Tageszeit statt. Dabei hielten sich die Pferde in ihren Boxen auf und wurden in ihrem natürlichen Tagesrhythmus nicht gestört. Der Abstand zur vorangegangenen Fütterung betrug mindestens 2 Stunden. Vor Versuchsbeginn wurden die Rektaltemperatur gemessen, der Allgemeinzustand beurteilt und Auskunft über etwaige Veränderungen im Verhalten der Tiere eingeholt.

Die erste halbe Stunde nach Anlegen des Gurtes wurde als Vorperiode gewertet, um den Pferden Gelegenheit zur Adaptation zu geben. Untersucher und Aufnahmeapparaturen befanden sich während der gesamten Versuchsdauer in einem separaten Raum und konnten daher vom Tier nicht wahrgenommen werden. Während der Hauptversuche war jede Beeinflussung durch vermeidbaren Lärm oder die Anwesenheit von Menschen ausgeschlossen. Das gleiche galt für die Vorversuche mit Ausnahme der Fütterungszeiten. Unvermeidbare Geräusche, wie die von Flugzeugen oder von Nachbarpferden im Stall, wurden protokolliert.

Die orientierenden 16-stündigen Vorversuche (Vs.Nr. 1 bis 8) wurden in der Zeit von 14.oo bis 7.oo Uhr morgens angestellt. In der übrigen Zeit des Tages herrschte im Stall Betrieb. Es sollte festgestellt werden, ob erkennbare Tagesschwankungen

der Hf auftraten und welche Zeiten sich am besten für die Messungen der Grundfrequenz eigneten. Hierbei wurde das EKG in Abständen von jeweils 12 Minuten 3 Minuten lang aufgezeichnet. Bei den 2-stündigen Hauptversuchen in der Zeit von 14.3o bis 16.3o Uhr (Vs.Nr. 9 bis 46) wurde fortlaufend registriert.

e) Auswertung

In allen 46 Fällen wurden die Herzfrequenzen während der Magnetbandaufzeichnung zusätzlich abgehört und mit Hilfe einer Stoppuhr bestimmt. Später erfolgte die endgültige Auszählung der Perioden (R-R Abstände) auf dem Registrierpapier. Die gleichzeitige Aufnahme von Geräuschen aus der Stallbox des jeweils untersuchten Tieres erlaubte Aussagen über Freßtätigkeit und Schlafperioden (Schnarchen oder tiefes, langsames Atmen). Schließlich erfolgte noch eine Feinanalyse der Elektrokardiogramme. Das Hauptaugenmerk galt etwa auftretenden av Blocks sowie in ihrer Nachbarschaft vorkommenden Veränderungen der Herzstromkurve.

2. Methodik des Versuchsabschnittes 3
(siehe Abb. 1, gestrichelte Linien)

a) Technische Ausrüstung

Bezüglich der EKG-Registrierung sei auf die bereits unter Abschnitt 1 und 2 gemachten Angaben verwiesen. Für die Registrierung der Atemfrequenz sowie des Beginns der Exspiration ist ein Atmungsgürtel verwendet worden (s. Abb. 4). Er besteht aus einem etwa 3o cm breiten, undehnbaren Textilgurt mit elastischem Zwischenstück aus Gummi und Klettenverschluß. Wie die Abb. 4 zeigt, ist das Kernstück eine auf Zug beanspruchbare Anordnung mit Dehnungsmeßstreifen (DMS). Auf einem 45 x 9 x 4 mm großen Plexiglasblock sind oben und unten je ein DMS der Type C 4o/121 (R = 12o Ohm $\pm$ o,2 Ohm, K-Faktor = 2,o3 $\pm$ o,5 %) in Uhu-Plus eingebettet. In einer durch die Mitte des Blockes verlaufenden

Bohrung sitzt eine Schraube, welche einem 7 mm breiten Metallbügel als Widerlager dient. Eine 3 mm dicke Lederschlaufe verbindet den Bügel mit dem einen Ende des Gurtes, während der Zusammenhang mit der anderen Seite durch zwei 10 mm breite Textilbänder hergestellt wird. Die DMS sind nach dem Prinzip einer Wheatstone´schen Brückenschaltung (Speisespannung 4,5 V)

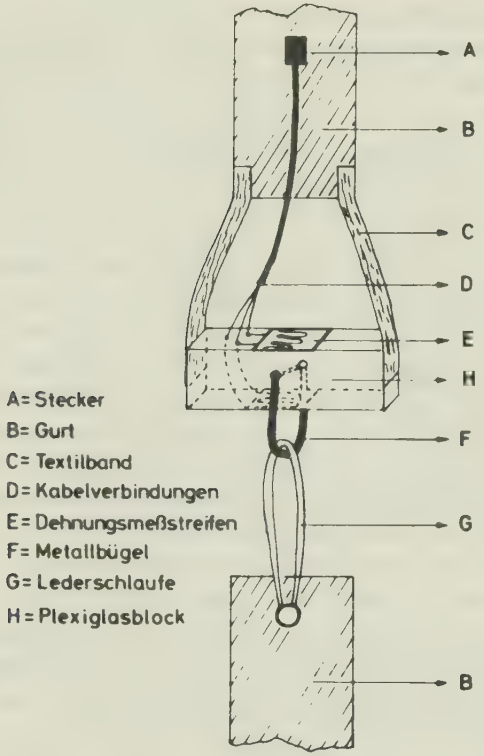


Abb. 4

Schematische Darstellung der DMS-Anordnung im Atmungsgürtel

durch ein Kabel mit einem DMS-Verstärker verbunden. Dieser enthält neben dem Verstärkerteil auch die beiden Festwiderstände. Dem Verstärker ist ein zweiter Spannungsfrequenzwandler nachgeschaltet, der mit dem zweiten Kanal des oben beschriebenen Tonbandgerätes in Verbindung steht. Decodierung und Registrierung erfolgten wie auf Seite 15 beschrieben.

b) Praktische Anwendung

Ich wählte die Thorakographie trotz ihres unbestreitbaren Nachteils relativer Ungenauigkeit, weil es für den Nachweis von atmungsgekoppelten av Blocks oder der respiratorischen Arrhythmie darauf ankam, das Versuchstier nicht mit aufwendigen Apparaturen zu irritieren. Außerdem genügte in diesem Zusammenhang die Bestimmung des mit dieser Methode gut definierbaren Beginnes der Exspiration.

Sobald sich der EKG-Gurt an seinem Platz befand, wurde der Atmungsgürtel in der Höhe der 11. und 12.Rippe in der Gegend der maximalen Thoraxexkursionen angebracht. Er mußte fest anliegen und beiderseits nach vorn zum EKG-Gurt und nach hinten zu den Schnallen der Pferdedecke durch schmale Bänder gegen Verrutschen gesichert werden. War die Brücke ins Gleichgewicht gebracht, so wurden durch die Verschiebungen der Thoraxwand und die dadurch bedingten Deformationen des Plexiglasblockes und der darauf befindlichen DMS Wechselspannungen erzeugt, die zur Modulation der Übertragungsfrequenz dienten. Das Stereo-Tonbandgerät erlaubte eine simultane Aufzeichnung von EKG und Atmung. Das Prinzip der Wiedergabe, Demodulierung und Schreibung war wiederum das gleiche wie unter 1 und 2, nur mußten hier noch ein zweiter Kanal des Demodulators und des Vielfach-Schreibers benutzt werden.

c) Versuchstiere

Es wurden aus dem bereits beschriebenen Pferdekollektiv nur solche Pferde ausgewählt, welche sich bei der Messung der

Grundfrequenz als besonders ruhig erwiesen hatten und nach der EKG-Auswertung respiratorisch gekoppelte av Blocks bzw. respiratorische Arrhythmien vermuten ließen.

d) Versuchsbedingungen und Ablauf

Auch hier wurden die gleichen Bedingungen wie bei der Messung der Grundfrequenz angestrebt. Da jedoch zum Zeitpunkt der Untersuchungen nur die Möglichkeit bestand, eine der beiden Meßgrößen drahtlos zu übertragen, mußten die Tiere wegen der notwendigen Kabelverbindung in ihrer Box angebunden werden. Damit war eine andere Bedingung gegeben als bei der alleinigen Hf-Bestimmung. Es konnte jedoch durch vergleichende Messung derselben Tiere in freiem und angebundenem Zustand festgestellt werden, daß im Niveau der Hf keine Änderung im Sinne einer Erhöhung eintrat. Da das Kabel bis auf den Stallgang hinausreichte, konnten die notwendigen Aufnahmeapparaturen hinter einer Trennwand placiert und damit dem Blickfeld des Pferdes entzogen werden. Insgesamt wurden 1o Pferde untersucht. Es gelangen dagegen verwertbare Aufnahmen nur von 3 Tieren und zwar von Vt.Nr. 1 und 27 solche mit atmungsgekoppelten av Blocks und von Vt.Nr. 12 solche mit respiratorischer Arrhythmie. In diesen drei Fällen konnten je zwei Aufnahmen mit einer Dauer von je 15 Minuten gemacht werden (Vs.Nr. 47 bis 52). Längere verwertbare Registrierungen wurden durch die beginnende Unruhe der Tiere unmöglich gemacht.

e) Auswertung

Es galten die bereits unter Abschnitt 1 und 2 angeführten Gesichtspunkte. Hier mußte dazu noch die Tatsache beachtet werden, daß es durch die Verwendung eines Wechselspannungsverstärkers zu einer Differenzierung der Atmungskurve kam. Eine genaue Bestimmung der zeitlichen Verhältnisse der beiden Atemphasen zueinander war deshalb nicht möglich. Jedoch konnte der Beginn

der Exspiration durch den steilen Abfall im entsprechenden Kurvenabschnitt zeitlich genau festgelegt werden. Als weiterer Anhaltspunkt diente noch die von WITTKE und HABERICH (66) gemachte Angabe eines Inspirations - Exspirationsverhältnisses von 1:1,6 beim Pferd in Ruhe. Außerdem stellten die Autoren fest, daß eine Atempause fehlt. Die Auswertung erfolgte unter dem Gesichtspunkt der zeitlichen Beziehung zwischen Exspirationsbeginn und auftretenden av Blocks bzw. verlängerten Herzperioden.

3. Möglichkeiten methodischer Fehler

Von Interesse sind die möglichen Verfälschungen durch die Phasenverschiebungen in der Zeitachse. Derartige Verschiebungen sind bei der Bestimmung der Grundfrequenz durch Verwendung eines RC-Verstärkers im Spannungsfrequenzwandler sowie im Demodulator möglich. Weitere Fehlermöglichkeiten könnten durch die Gleichlaufeigenschaften des Tonbandgerätes sowie eine Inkonstanz des Papiervorschubes im Schreibgerät auftreten. Die RC-Verstärker wiesen bei der Überprüfung mit sinusförmiger Wechselspannung bei einer Frequenz von 1 Hz eine Phasenverschiebung von o,ol sec auf. Dies entspricht einem Fehler von 1 %. Da das EKG als Frequenzgemisch angesehen werden kann, in dessen Wendepunkten (Q, R-Zacke) weit höhere Frequenzen als 1 Hz (bis zu 3oo Hz) auftreten, ist hier der Fehler als wesentlich geringer anzusehen. Das UHER-Tonbandgerät weist bei der verwendeten Aufnahmegeschwindigkeit von 9,5 cm/sec eine Gleichlauftoleranz von $\pm$ o,25 %, also eine Fehlermöglichkeit von o,5 % auf. Die Papiergeschwindigkeit ist mit einer Stoppuhr überprüft worden.

Bei der Atmungsregistrierung liegt die größte Fehlermöglichkeit in einer falschen Anbringung des Atmungsgürtels. Es müssen ein zu lockerer Sitz und eine Verschiebung in der Längs-

achse verhindert werden. Bei den auftretenden Atemfrequenzen von etwa 7 bis 1o/min muß mit einer Phasenverschiebung durch den RC-Verstärker in der Größenordnung von 1 sec gerechnet werden. Nur in dem relativ steil abfallenden Kurvenstück zu Beginn des Exspiriums sind Frequenzen von 1 Hz und darüber anzutreffen. Daher ist für die Bestimmung des Exspirationsbeginnes ebenfalls mit einem maximalen Fehler durch das RC-Glied in Höhe von 1 % zu rechnen. Im übrigen gilt das für die Bestimmung der Grundfrequenz Gesagte.

B Ergebnisse

Orientierende Vorversuche über 16 Stunden (Vs.Nr. 1 bis 8)

Es wurden die Pferde Nr. 1, 2, 3, 4, 15, 16, 25 und 27 untersucht. Die Abb. 5 bis 8 geben eine Auswahl von vier graphischen Darstellungen dieser Versuche. Jeder der einander in viertelstündigen Abständen folgenden Punkte stellt einen Mittelwert aus drei Hf-Messungen über je eine Minute dar. Zwischen Punkten mit gestricheltem Kurvenverlauf herrschte im Stall Betrieb. Die Tiere erhielten zu den markierten Zeiten Hafer und Wasser. In der übrigen Zeit (durchgezogene Linie) waren die Tiere sich selbst überlassen. Sie standen oder lagen und fraßen hin und wieder Heu, ohne daß sich daraus eine nachweisbare Abhängigkeit der Hf ergeben hätte. In allen Kurven fällt eine Rhythmik auf mit Periodenlängen zwischen 1 und 3 Stunden. Der Gesamtverlauf erscheint für jedes Tier individuell verschieden. Die Hf-Werte im Schlaf liegen meist im Bereich der Minima. Es kommen mitunter aber auch höhere Frequenzen als im Wachzustand vor (Vs.Nr. 4, o.45 Uhr, 1.oo Uhr und 4.3o Uhr; Vs.Nr. 7, 1.3o Uhr).

Die Vorversuche ergaben, daß die störungsärmsten Zeitintervalle zwischen 14.3o und 16.3o Uhr sowie zwischen 3.oo und 5.oo Uhr lagen. Die Störungen kamen meist nicht von außen, sondern wurden von den Nachbarn des jeweils untersuchten Pferdes durch Schlagen gegen die Türen der Boxen, durch Wiehern, Schnauben, Trampeln und Ähnliches verursacht. Zwischen Abendfütterung und morgendlichem Betriebsbeginn treten mehrfach Minima auf. Sie liegen jedoch in der Mehrzahl der Fälle höher als in den oben genannten Zeitintervallen.

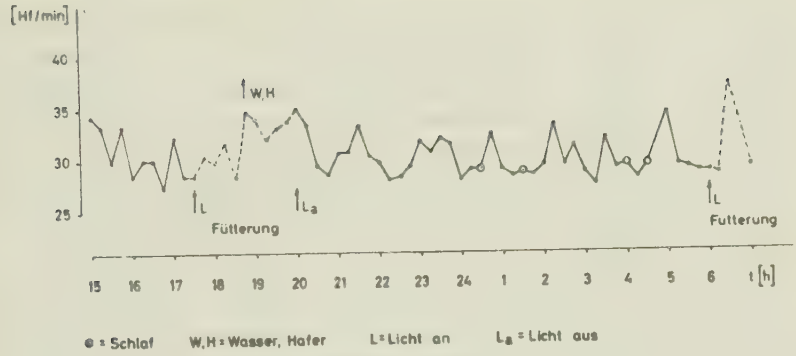


Abb. 5
Vs.Nr. 2; Hf-Verlauf von Vt.Nr. 15, einem 2 j. dkbr. Hengst, in einem 16-stündigen Vorversuch am 14./15. 1o. 1969

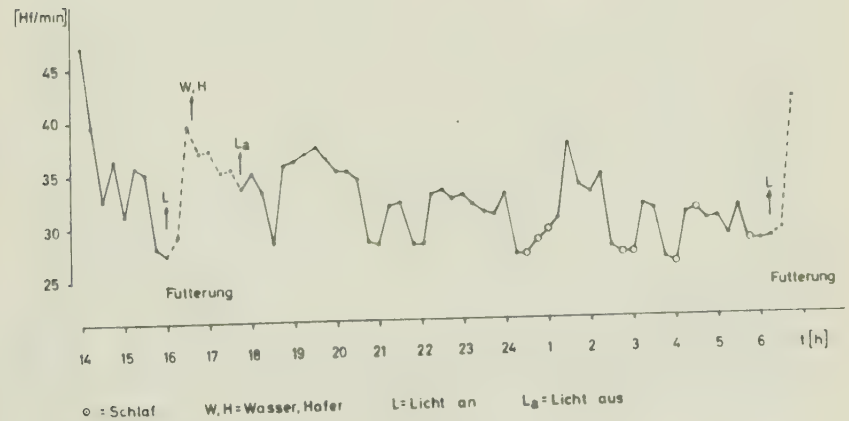


Abb. 6
Vs.Nr. 4; Hf-Verlauf von Vt.Nr. 3, einem 6 j. dkbr. Hengst, in einem 16-stündigen Vorversuch am 2o./21. 1o. 1969

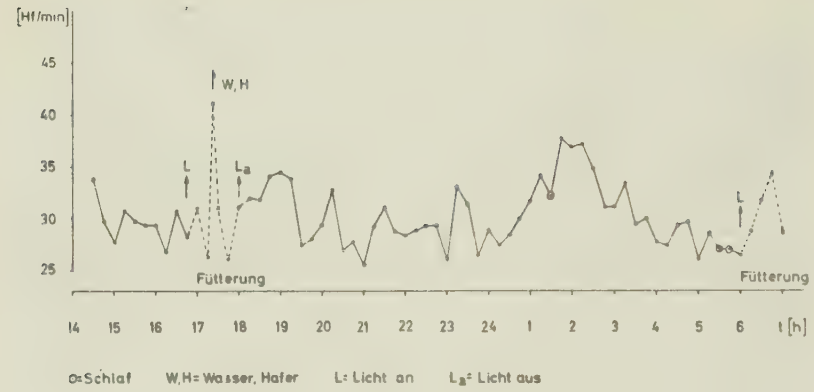


Abb. 7

Vs.Nr. 7; Hf-Verlauf von Vt.Nr. 1, einem 9 j. dkbr. Hengst, in einem 16-stündigen Vorversuch am 1o./11. 11. 1969

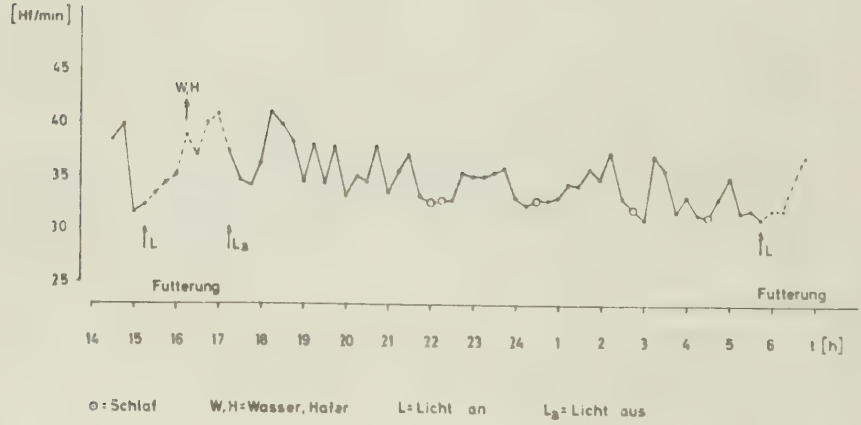


Abb. 8

Vs.Nr. 8; Hf-Verlauf von Vt.Nr. 16, einer 5 j. br Stute, in einem 16-stündigen Vorversuch am 28./29. 11. 1969

Hauptversuche

Für die Hauptversuche fiel die Zeit zwischen 3.oo und 5.oo Uhr morgens aus, da es aus technischen Gründen zu einer erheblichen Störung und damit Beeinflussung der Tiere gekommen wäre. So bot sich der Zeitraum zwischen 14.3o und 16.3o Uhr an. Dies hatte den Vorteil, daß sämtliche Manipulationen an Pferd und Gerät noch während des Stallbetriebes ablaufen konnten. Während der Versuche standen die Tiere und fraßen zuweilen Heu.

Die Abb. 9 bis 12 zeigen den Hf-Verlauf bei den Tieren Nr. 1 (Vs.Nr. 9), Nr. 3 (Vs.Nr. 12), Nr. 15 (Vs.Nr. 28) und Nr. 16 (Vs.Nr. 3o). Jeder der 12o Punkte entspricht einer Bestimmung der Hf über 1 Minute. Neben den nach oben deutlich aus dem Gesamtverlauf herausfallenden Werten sind auch hier ein oder mehrere Minima zu erkennen. Letztere treten jedoch in den verschiedenen Versuchen nicht zu gleichen Zeiten auf.

Aus den Versuchen Nr. 9 bis 46 resultieren je 12o Hf-Werte. In den Tabellen 2 und 3 sind die Ergebnisse zusammengefaßt. Das Mittel aller 12o in einer störungsarmen Zeit fortlaufend registrierten Herzschlagfrequenzen soll hier als Standardfrequenz bezeichnet werden, da ein Vergleich mit dem strenger definierten Begriff "Ruhefrequenz" auf Grund der langen Dauer der Untersuchungen mit interkurrenten Störungen nicht möglich ist.

Die Grundfrequenz muß nach meiner Definition in enger Nachbarschaft zur Minimalfrequenz liegen. Die untere Grenze ihres Bereiches liegt damit fest. Zur Bestimmung der oberen bin ich folgendermaßen vorgegangen: Die Häufigkeit der Hf-Werte steigt in einem bestimmten Abstand von der Minimalfrequenz sprunghaft an. Bei der Auswahl der Werte zur Ermittlung der Grundfrequenz muß die Grenze also da gezogen werden, wo dieser Anstieg gerade beginnt. Es hat sich herausgestellt, daß die 2o niedrigsten Werte oberhalb der Minimalfrequenz (also ein Sechstel aller angefallenen Werte) dieser Bedingung genügen.

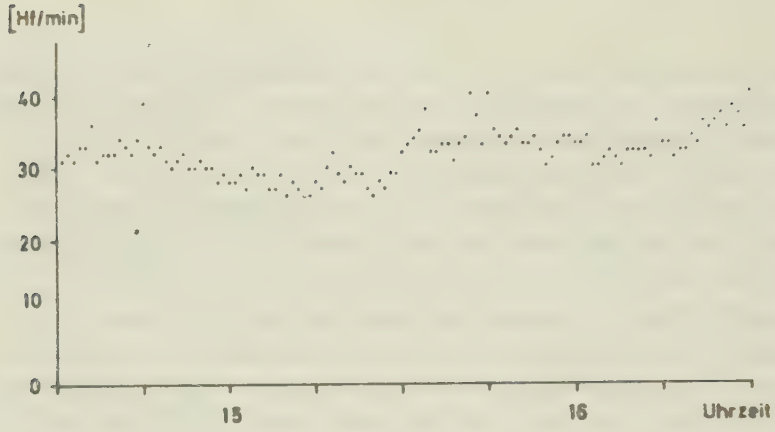


Abb. 9
Dauerregistrierung der Hf über 2 Stunden; Vs.Nr. 12 mit Vt.Nr. 3, einem 6 j. dkbr. Hengst, am 1o. 12. 1969

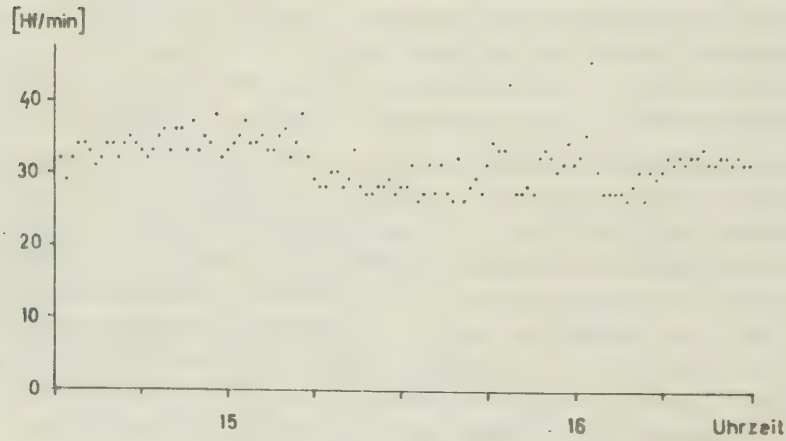


Abb. 1o
Dauerregistrierung der Hf über 2 Stunden; Vs.Nr. 28 mit Vt.Nr. 15 einem 2 j. dkbr. Hengst, am 6. 1. 197o

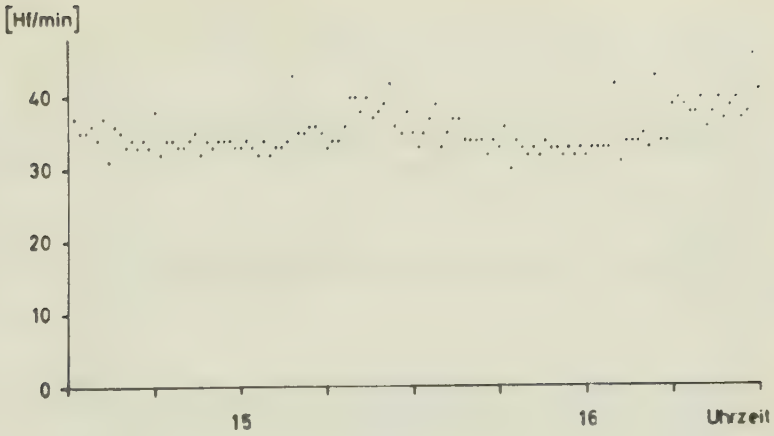


Abb. 11
Dauerregistrierung der Hf über 2 Stunden; Vs.Nr. 3o mit Vt.Nr. 16, einer 5 j. br. Stute, am 12. 1. 197o

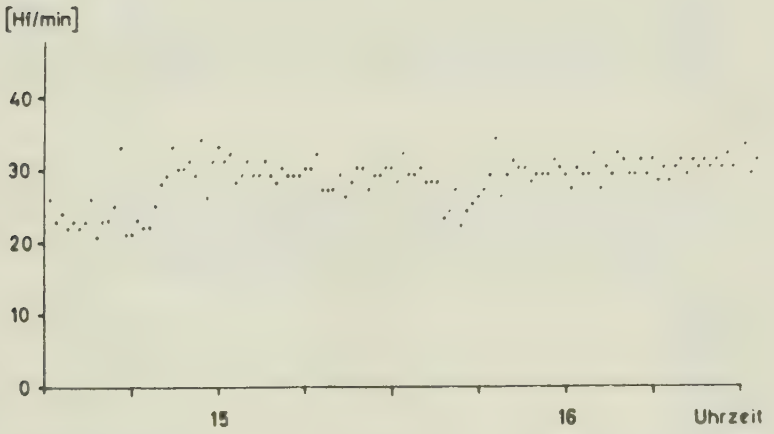


Abb. 12
Dauerregistrierung der Hf über 2 Stunden; Vs.Nr. 9 mit Vt.Nr. 1, einem 9 j. dkbr. Hengst, am 24. 1. 197o

Tabelle 2

Frequenz des Herzschlages bei den Versuchstieren Nr. 1 bis 15 (Hengste)

Vs.Nr.	Vt.Nr.	Alter Jahre	Datum	Grundfrequenz (Hf/min)	Standardfrequenz (Hf/min)	Extremwerte (Hf/min) Min.	Max.
9	1	9	24. 1.7o	22,8 ± 1,2	28,3 ± 3,o	21	34
1o	2	7	15. 1.7o	31,2 ± o,9	34,8 ± 2,3	3o	4o
11	2	7	22. 1.7o	34,6 ± 1,o	37,8 ± 2,8	33	43
12	3	6	1o.12.69	26,7 ± o,9	3o,6 ± 2,7	26	4o
13	4	5	9.12.69	27,4 ± o,9	31,8 ± 3,1	25	36
14	5	5	2o.12.69	25,5 ± 1,1	29,8 ± 4,2	23	4o
15	6	5	22.12.69	26,6 ± 1,1	31,8 ± 3,6	25	42
16	7	4	16. 1.7o	26,1 ± o,8	3o,o ± 2,6	25	37
17	7	4	3o. 1.7o	28,o ± o,9	31,4 ± 2,5	26	38
18	8	4	27.12.69	27,3 ± o,7	31,9 ± 3,3	25	4o
19	8	4	26. 1.7o	27,2 ± o,8	32,1 ± 3,4	25	4o
2o	9	4	18.12.69	29,o ± 1,o	35,9 ± 4,5	27	45
21	9	4	3o.12.69	29,2 ± 1,o	36,6 ± 6,o	27	45
22	1o	3	12.12.69	31,7 ± o,6	33,7 ± 2,o	3o	44
23	11	3	16.12.69	27,6 ± o,8	32,7 ± 4,6	26	45
24	11	3	29. 1.7o	27,o ± 1,1	32,2 ± 3,5	25	41
25	12	3	23.12.69	19,7 ± o,5	23,5 ± 3,o	19	35
26	13	2	23. 1.7o	3o,2 ± 1,o	33,7 ± 2,6	28	41
27	14	2	13.12.69	3o,2 ± o,8	33,5 ± 2,5	29	41
28	15	2	6. 1.7o	26,8 ± o,4	31,4 ± 3,4	26	45
29	15	2	2. 2.7o	26,6 ± o,8	31,1 ± 3,4	25	42

Tabelle 3

Frequenz des Herzschlages bei den Versuchstieren Nr. 16 bis 29 (Stuten)

Vs.Nr.	Vt.Nr.	Alter Jahre	Datum	Grundfrequenz (Hf/min)	Standardfrequenz (Hf/min)	Extremwerte (Hf/min) Min.	Max.
3o	16	5	12. 1.7o	32,2 ± o,8	35,3 ± 3,o	3o	43
31	17	5	1o. 1.7o	28,9 ± o,3	32,o ± 2,6	28	41
32	18	5	5. 1.7o	28,7 ± o,5	31,9 ± 2,5	28	4o
33	19	4	11.12.69	28,8 ± o,4	32,o ± 2,5	28	38
34	2o	3	25.12.69	29,5 ± o,6	32,8 ± 2,5	28	41
35	21	3	24.12.69	35,2 ± o,7	37,9 ± 4,3	34	43
36	21	3	27. 1.7o	34,8 ± o,8	37,5 ± 2,2	33	44
37	22	3	3. 1.7o	33,9 ± 1,2	38,7 ± 3,3	3o	47
38	22	3	31. 1.7o	3o,9 ± o,4	36,1 ± 3,8	3o	44
39	23	3	2. 1.7o	29,5 ± o,6	32,5 ± 2,6	28	43
4o	24	3	17. 1.7o	28,1 ± o,6	32,2 ± 3,2	27	44
41	25	2	13. 1.7o	28,4 ± o,7	32,2 ± 2,7	27	39
42	26	2	4.12.69	3o,3 ± o,6	35,2 ± 3,7	29	44
43	27	2	29.12.69	28,1 ± 1,1	33,5 ± 3,3	25	42
44	27	2	2o. 1.7o	32,1 ± 1,1	36,8 ± 3,o	29	43
45	28	2	5.12.69	29,9 ± o,7	35,1 ± 3,9	29	45
46	29	2	26. 1.7o	29,5 ± o,8	34,7 ± 4,o	28	45

In den Tabellen 2 und 3 fällt auf, daß die Abweichungen der Mittelwerte zwischen den einzelnen Tieren relativ groß sind. Sie liegen bei den Hengsten zwischen 23,5 Schl./min (Vt.Nr. 12) und 37,8 Schl./min (Vt.Nr. 2) für die Standardfrequenzen sowie zwischen 19,7 Schl./min (Vt.Nr. 12) und 34,6 Schl./min (Vt.Nr. 2) für die Grundfrequenzen.

Bei den Stuten schwanken die Standardfrequenzen (Mittelwerte) zwischen 31,9 Schl./min (Vt.Nr. 18) und 38,7 Schl./min (Vt.Nr. 22) sowie die Grundfrequenzen zwischen 28,1 Schl./min (Vt.Nr. 24 und 27) und 35,2 Schl./min (Vt.Nr. 21).

In neun Fällen wurden die Messungen wiederholt. Bei den Vtt.Nr. 7, 8, 9, 11, 15 und 21 gab es dabei praktisch keine Abweichungen. Selbst bei den Vtt.Nr. 2, 22 und 27 betrugen die Unterschiede nur 3 Schl./min (Standardfrequenz) bzw. 4 Schl./min (Grundfrequenz).

Die Abb. 13 zeigt EKG-Ausschnitte zur Ermittlung der Grundfrequenz. In beiden Fällen werden Minimalfrequenzen gezeigt. Das obere Vt.Nr. 12 hat eine besonders niedrige Frequenz von 19 Schl./min und darüber hinaus eine ausgeprägte Sinusarrhythmie. Beim Vt.Nr. 5 mit 23 Schl./min sind die Abstände der Perioden ziemlich gleichmäßig.

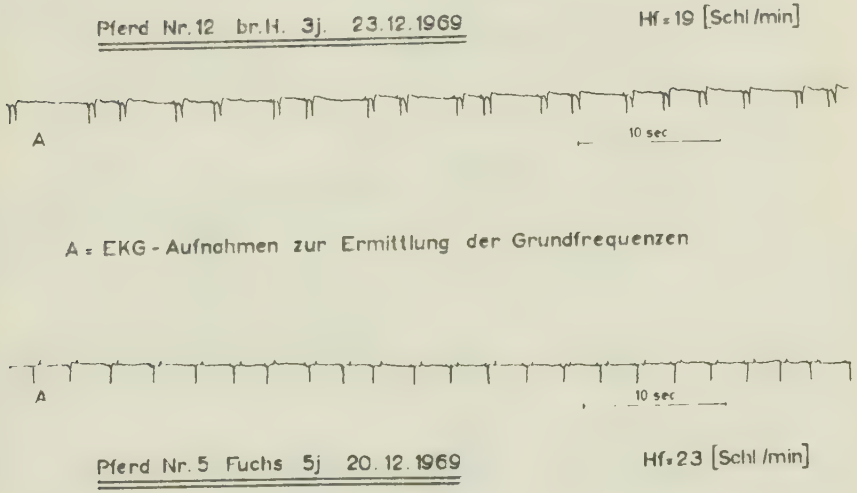


Abb. 13

Registrierbeispiele aus den Versuchen zur Bestimmung von Grundfrequenzen

Nach Zusammenziehung aller Werte aus den Tabellen 2 und 3 sind die mittleren Standard- und Grundfrequenzen in Tabelle 4 zusammengestellt worden. Man sieht, daß die mittleren Hf aller Stuten jeweils höher als die der Hengste liegen. Als Endergebnis aus 38 Bestimmungen ohne Rücksicht auf das Geschlecht ergibt sich eine Grundfrequenz von 29 ± 3 Herzschlägen pro Minute. Die mittlere Standardfrequenz liegt bei 33 Herzschlägen pro Minute.

Tabelle 4

Mittlere Standard- und Grundfrequenz ($\bar{x}$) des Kollektivs (15 Hengste u. 14 Stuten)

		Anzahl d.Best.	$\bar{x}$ (Hf/min)	s
H.	St.Fr.	21	32,1	±3,0
H.	Gr.Fr.	21	28,7	±3,1
St.	St.Fr.	17	34,5	±2,3
St.	Gr.Fr.	17	30,5	±2,3
H. u. St.	St.Fr.	38	33,2	±3,0
H. u. St.	Gr.Fr.	38	29,0	±3,1

H. = Hengste; St.Fr. = Standardfrequenz
St. = Stuten; Gr.Fr. = Grundfrequenz

Partielle atrioventrikuläre Blocks (p.av Blocks)

Av Blocks 1. Grades und 3. Grades waren nicht nachzuweisen. Partielle av Blocks 2. Grades traten bei 7 von 29 Pferden auf (4 Hengste, 2 Stuten). Das entspricht einem Anteil von etwa 24 %. Zwei Tiere (Vt.Nr. 1, 9 j. und Vt.Nr. 27, 2 j.) zeigten diese Erscheinungen in Ruhephasen häufig und stets wiederkehrend. Die übrigen Tiere zeigten das Symptom nur gelegentlich. Die Abb. 14 zeigt EKG-Ausschnitte mit p.av Blocks. Sie gibt Beispiele für das Auftreten von Herzschlaggruppen, die aus der Unterbrechung der Schlagfolge durch p.av Blocks entstehen. Da diese Blocks nicht in festen Abständen voneinander auftreten, ist die sonst übliche Quotientenbezeichnung (3 : 2, 3 : 4 u.s.w.) hier nicht praktisch. Dafür sollen die

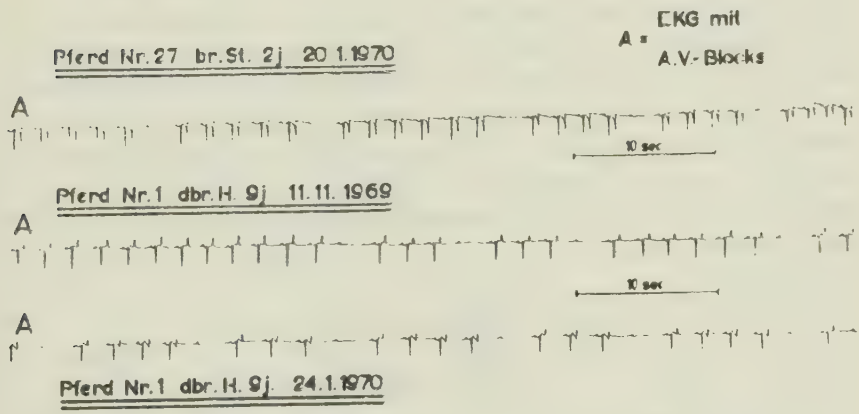


Abb. 14

Registrierbeispiele aus den Versuchen zum Nachweis von partiellen av Blocks

ununterbrochenen Schlaggruppen als Sequenzen angesprochen werden, weil sie nur vereinzelt auftreten und sich höchstens 5 mal wiederholen. Bei Vt.Nr. 27 (in der Abb. 14 rechts oben) treten zwei 4-er Sequenzen, bei Vt.Nr. 1 (in der Mitte) zwei 3-er Sequenzen und beim selben Tier in der unteren Registrierung alternierende Sequenzen 4-3-4-3-4 auf. Diese 3-er und 4-er Sequenzen treten am häufigsten auf. Bei einer ausgewerteten Gesamtzahl von 269 betrug der Anteil der 2-er Sequenzen 1 %, der 3-er Sequenzen 37 %, der 4-er Sequenzen 39 % und der 5-er Sequenzen 23 %. Bei 85 % der Fälle sind die Sequenzen wiederholt (1 bis 3 mal) aufgetreten.

Weiterhin wurde geprüft, ob bei den p.av Blocks eine Wenckebach-Periodik vorkam. Die Tabelle 5 enthält für Vt.Nr. 1 und Vt.Nr. 27 neben der Gesamtzahl der aufgetretenen p.av Blocks eine Aufschlüsselung in drei Formen von W.P. Es muß dabei berücksichtigt werden, daß diese beim Pferd in anderer Form als beim Menschen vorkommt. Häufig ist die stetige Verlängerung der av Intervalle dadurch unterbrochen, daß zwischendurch zwei av Intervalle gleich lang sind (Kategorie B der Tab. 5). Die Kategorien A und C geben die typischen Kriterien für die W.P. vom Typ 1 und 2 an. Offensichtlich kommt der Typ 1 wesentlich häufiger vor. Diese Aussage bestätigt sich auch bei den übrigen 5 Pferden mit p.av Blocks wie es die folgende Aufgliederung zeigt:

Vt.Nr. 25 (Vs.Nr. 41) = 6 p.av Blocks, drei davon Typ 1

Vt.Nr. 4 (Vs.Nr. 13) = 4 p.av Blocks, ohne Wenckebach-Phänomen

Vt.Nr. 5 (Vs.Nr. 14) = 2 p.av Blocks, einer davon Typ 1

Vt.Nr. 16 (Vs.Nr. 8) = 2 p.av Blocks, ohne Wenckebach-Phänomen

Vt.Nr. 11 (Vs.Nr. 23) = 1 p.av Block, Kategorie B der Tabelle 5

Tabelle 5

Analyse der bei zwei Pferden häufig aufgetretenen partiellen av Blocks 2.Grades

A = Wenckebach-Periodik (Typ 1) mit einer Folge von mindestens 4 jeweils verlängerten av Intervallen vor dem Block

B = wie A, jedoch zwei aufeinander folgende av Intervalle gleicher Dauer enthaltend

C = Wenckebach-Periodik (Typ2, Mobitz-Block): mehrere av Intervalle gleicher Dauer vor dem Block

	Gesamtzahl d. p.av Blocks	A	B	C	Bemerkungen
Vt.Nr. 1					
Vs.Nr. 7 (16 h)	222	43	26	29	maximal 6 p.av Blocks/min
Vs.Nr. 9 (2 h)	136	34	6	4	
Vt.Nr. 27					
Vs. Nr. 1 (16 h)	28	4	keine	2	
Vs.Nr. 43 (2 h)	216	35	3o	9	maximal 5 p.av Blocks/min
Vs.Nr. 44 (2 h)	89	5o	11	3	

Die Abb. 15 veranschaulicht am Beispiel des Vt.Nr. 1 die Kriterien einer W.P. vom Typ 1 sowie die Feinanalyse der vor und nach dem Block auftretenden Kurvenkomplexe. Zunächst muß erklärt werden, warum ich an Stelle der üblichen Bewertung der av Intervalle die PQ-Strecke als Auswertungsmaßstab heranzog.

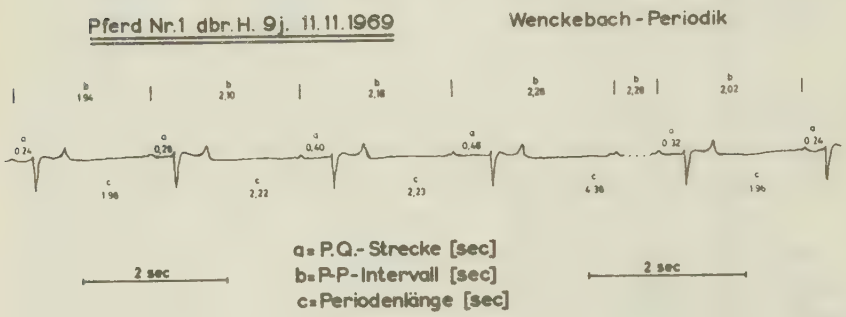


Abb. 15
Registrierbeispiel zur Demonstration der Wenckebach-Periodik beim Pferd

Sie entspricht der um die Dauer der P-Welle verkürzten Überleitungszeit. Diese Form der Auswertung habe ich gewählt, da die P-Wellendauer bei allen Tieren im untersuchten Bereich nur außerordentlich geringfügige Schwankungen (zwischen o,16 und o,17 sec) aufweist, welche sich dazu noch zu den PQ-Strecken gleichsinnig verhalten. Andererseits ist der P-Wellenbeginn bisweilen sehr schlecht zu bestimmen. Zu den unter A aufgeführten Zahlen sind daher noch jeweils o,165 sec hinzugezählt worden, um die Zeiten für die av Intervalle zu erhalten. Für das Pferd scheint es charakteristisch zu sein, daß das

zweite und häufig auch das dritte av Intervall nach dem p.av Block am kürzesten ist, und daß erst danach wieder eine Verlängerung eintritt. Wenn sich nach einem solchen kürzesten av Intervall mindestens die vier darauffolgenden entsprechend verlängert haben, sind sie noch als Wenckebach-Periodik angesprochen worden. Die PP-Intervalle (Sinusrhythmus) verlängern sich bei der W.P. Typ 1 ebenfalls stetig, wobei die PP-Intervalle vor dem Block meist am längsten sind. Manchmal ist auch das direkt nachfolgende PP-Intervall gleich lang.

Sieht man vom typischen Verlauf der W.P. ab, so hat die EKG-Analyse im Zusammenhang mit den p.av Blocks noch weitere Details ergeben. So kommen vielfältige Modifikationen der W.P. vor. Entweder ist das letzte av Intervall vor dem p.av Block plötzlich kürzer als alle vorangegangenen, oder es kommt zu einem regelrechten An- und Abschwellen der Längen zwischen den Blocks. Die erste T-Welle nach dem p.av Block weist im Verhältnis zu den vorangegangenen und nachfolgenden eine verstärkte Tendenz zur Positivierung auf. Dies kann sich ausdrücken in einem völligen Positivwerden oder nur in einer Verminderung des negativen Anteils bei einem normalerweise biphasischen Verlauf. Die Länge aller ermittelten av Intervalle hat zwischen o,15 und o,66 sec variiert, während für die PP-Intervalle Zeiten von 1,45 bis 2,65 sec zu nennen sind. Eine Verkürzung der QT-Dauer vor p.av Blocks ist nicht eingetreten oder hat sich mit maximal o,1 sec in engen Grenzen gehalten. Das Auftreten von p.av Blocks ist häufig im Anschluß an kurzzeitige Tachykardien beobachtet worden.

Die zeitliche Beziehung zwischen p.av Blocks und Atmung geht aus der Abb. 16 hervor. Wie man sieht, kann eine strenge Koppelung mit dem Exspirium nicht angenommen werden. Aus dem oberen Teil der Tab. 6 (siehe S. 42) ist jedoch ein mit 68,5 % deutlich überwiegendes Vorkommen innerhalb des Exspiriums zu ersehen.

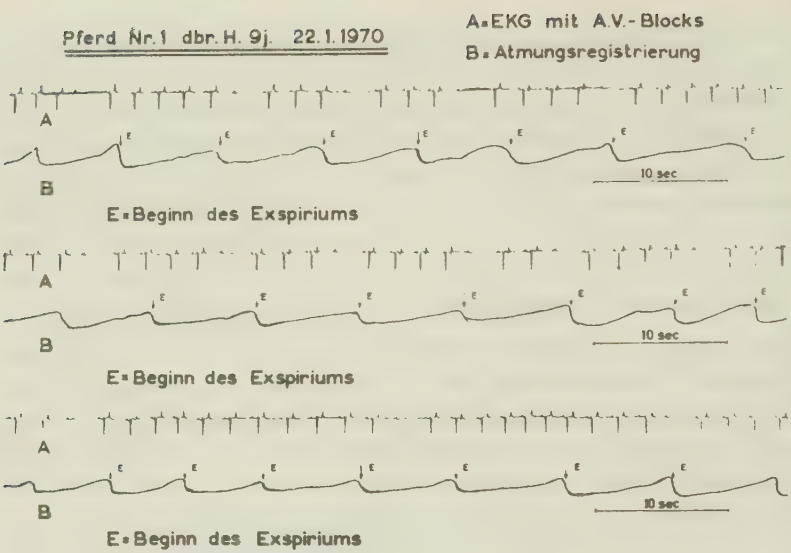


Abb. 16

Simultanregistrierung von EKG und Atmung zur Überprüfung der respiratorischen Koppelung von partiellen av Blocks

Respiratorische Arrhythmie

Zunächst sind die Elektrokardiogramme ohne gleichzeitige Atmungsregistrierungen auf periodisch wiederkehrende Sinusarrhythmien hin untersucht worden. Bei allen Tieren sind gelegentlich periodische Schwankungen der Hf (mit einer Frequenz von 5 bis 11/min) aufgetreten. Jedoch haben die Abstände zwischen den jeweiligen Hf-Maxima dermaßen differiert, daß eine Abhängigkeit von der Atmung nicht angenommen werden kann. Nur bei Vt.Nr. 7 haben 6 Hf-Perioden pro Minute ungefähr gleiche Längen gehabt.

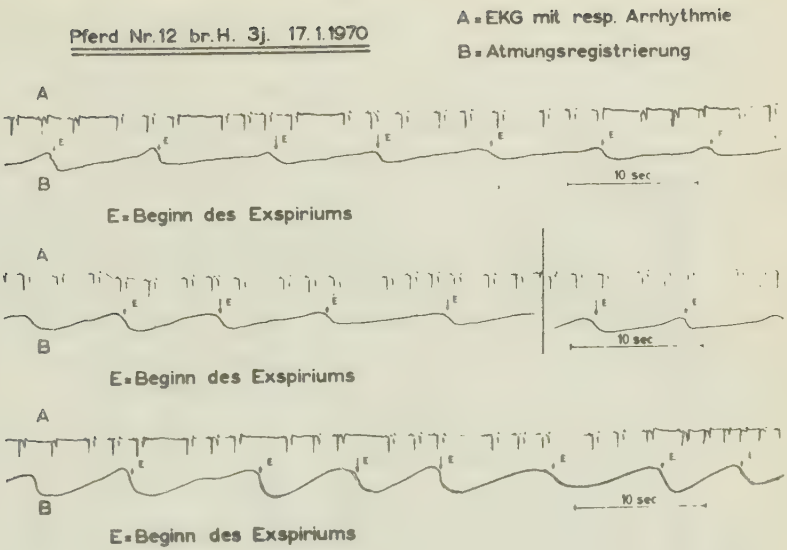


Abb. 17

Simultanregistrierung von EKG und Atmung zur Überprüfung der respiratorischen Koppelung von Periodenverlängerungen (respir. Arrhythmie)

Die Abb. 17 zeigt Kurvenausschnitte von Vt.Nr. 12. Man erkennt eine Tendenz zur Verlangsamung des Herzschlages in der Ausatmungsphase und Beschleunigung während der Einatmung, ohne daß diese Koppelung eine strenge ist. Eine orientierende Auswertung der Beziehung zwischen Sinusarrhythmie und Atemphase enthält der untere Teil der Tab. 6. Bei dem untersuchten Tier fallen etwa 83 % der verlängerten Herzperioden mit dem Exspirium zusammen. Natürlich haben alle in Tab. 6 rubrizierten Daten nur informativen Charakter, da die Anzahl der auswertbaren Untersuchungen insgesamt zu gering ist.

Tabelle 6

Orientierende Auswertung der Beziehung zwischen p.av Blocks und Atmung

untersuchte Pferde:	Vt.Nr. 1,dkbr.H.,9 j. Vt.Nr. 27,br.S.,2 j.	je 2 Aufnahmen (15 min)	
Gesamtzahl der registrierten p.av Blocks:		54	
davon im	Inspirium	1o	18,5 %
	Grenze Inspir./Exspir.	7	13,o %
	Exspirium	37	68,5 %

Orientierende Auswertung der Befunde zur respiratorischen Arrhythmie

untersuchtes Pferd:	Vt.Nr. 12,br.H.,3 j.	je 2 Aufnahmen (15 min)	
Gesamtzahl der registrierten Periodenverlängerungen:		96	
davon im	Inspirium	4	4,1 %
	Grenze Inspir./Exspir.	12	12,5 %
	Exspirium	8o	83,4 %

IV. Diskussion der Ergebnisse

Wie aus den bisherigen Ausführungen hervorgeht, hat der Schwerpunkt der Untersuchungen in der Ermittlung von Grundfrequenzen des Herzschlages gelegen. Die aus den Vorversuchen ermittelten Kurven lassen einen deutlichen Tag-Nacht-Gang der Hf mit Maxima am Vormittag und am Abend, wie ihn HILDEBRANDT (21) für den Menschen und BAYER (6) für das Rind angegeben haben, vermissen. Daraus könnte man folgern, daß er entweder nicht vorhanden oder durch bestimmte Faktoren wie Trainingsarbeit, Fütterungs- und Stallbetrieb sowie deren ungleichmäßige Verteilung auf den Tagesablauf kaschiert worden ist. Dabei dürfte die zweite Möglichkeit die wahrscheinlichere sein. Trotz zahlreicher Angaben über die Ruhefrequenz beim Pferd (siehe Tab. 1a und 1b) sind hier Vergleiche nur bedingt möglich, da die Auffassungen über die einzuhaltenden Ruhebedingungen oft erheblich differieren. Die Anhängigkeit der Pulsfrequenz von der Rasse haben bereits REICHERT (48), LANNEK und RUTQUIST (36), KÜNZLE (34) sowie KRAFT und WEPPLER (31) festgestellt. Die Unterschiede für die Mittelwerte zwischen Kalt-, Warm- und Vollblütern werden jedoch nur mit maximal 2 Schl./min angegeben. REICHERT (48) hat zudem noch Abhängigkeiten der Hf von Geschlecht, Alter und Futteraufnahme festgestellt. Es soll nun diskutiert werden, inwieweit der erhobene Mittelwert von 29 $\pm$ 3 Schl./min tatsächlich die Grundfrequenz für die Versuchsgruppe von 29 Tieren darstellt.

Die Normierung der Faktoren dürfte für alle Tiere weitgehend gleiche Bedingungen geschaffen haben. Dennoch müssen einige Einschränkungen gemacht werden. Die Mehrzahl der Pferde befand sich im Volltraining, während ein kleinerer Teil nur mittelschnell bis langsam gefahren wurde. Zur Zeit der Messungen herrschten zuweilen sehr niedrige Außentemperaturen bis zu -15° C. Jedoch wurden die Tiere im Rahmen der Veruche nur 15 bis 2o Minuten im Freien bewegt. In den Stallboxen sank die

Temperatur nie unter 10° C und die Pferdedecken wurden stets umgelegt. Ein etwaiger Kältereiz wäre daher zu gering gewesen, um eine Erhöhung der Hf zu bewirken.

Der Einfluß der Fütterung dürfte nur sehr gering gewesen sein, da zwischen ihr und der Messung mindestens 3 Stunden lagen. REICHERT (48) fand, daß die Hf "edlerer Pferde" 2 Stunden nach der Futteraufnahme die Norm wieder erreicht hatte. Dagegen muß eine gewisse Erhöhung durch gelegentlich Heuaufnahme in Kauf genommen werden. Schließlich gehen noch die Einflüsse von Alter und Geschlecht gleichberechtigt in den Mittelwert ein. Im Vergleich zu allen bisher beim Pferd in Ruhe erhobenen Hf-Befunden liegt der angegebene Mittelwert der Grundfrequenz (siehe S. 43) deutlich niedriger. MARSLAND (42), der unter ähnlichen Bedingungen wie wir amerikanische Traber untersuchte, kam auf einen Mittelwert von 34,3 Schl./min. Dieser Wert ist wahrscheinlich nicht als Grundfrequenz in unserem Sinne zu betrachten. Eine Rolle könnte u.a. gespielt haben, daß der Abstand des Meßzeitpunktes von vorangegangenen starken Trainings- oder Rennbelastungen zu gering war. Nach eigenen Beobachtungen zeigten die Traber noch 2 Tage nach derartigen Belastungen um 3 bis 4 Schl. höhere Grundfrequenzen als zu einem späteren Zeitpunkt.

Eine Aussage darüber, ob leistungsstarke Tiere eine niedrigere Hf haben als leistungsschwache sowie Hengste eine geringere als Stuten, konnte wegen der niedrigen Gesamtzahl von Versuchstieren mit gleichen Eigenschaften nicht gemacht werden. Die Mittelwerte zwischen den Leistungsstufen sowie den Geschlechtern differierten zwar jeweils um 3 Schl./min, jedoch streuten die individuellen Hf-Werte sehr stark. Außerdem waren die Hengste eindeutig leistungsstärker als die Stuten. Eine statistische Auswertung ist deshalb unterblieben. Bei der Auswertung von Grundfrequenzen der Einzeltiere war keine Beziehung zwischen niedriger Pulsfrequenz und gutem Leistungsvermögen nachweisbar.

CAPELINET et al. (3) und MARTIANI (42) fanden ebenfalls eine derartige Korrelation beim Vollblutpferd als statistisch nicht gesichert ab.

CLARK hat für die Abhängigkeit der Pulsfrequenz vom Körpergewicht bei Säugern eine Formel angegeben, die jüngst von WITTKE, BAYER und KRZYWANEK (61) auf kleine Wiederkäuer angewendet worden ist. Diese Formel lautet:

log Pulsfreq. = log K - 0,234·log Körpergewicht (g)

Berechnet man die theoretische Pulsfrequenz eines 400 kg schweren Pferdes bei einer Konstanten von 1400, so lautet das Ergebnis = 67 Schl./min. Zu einem ganz ähnlichen Wert gelangt BAYER (5a) durch Verlängerung einer Regressionsgeraden der Beziehung zwischen Hf und Laufgeschwindigkeit in Richtung auf die Ordinate. Die Gleichung dieser Regressionsgeraden lautet:

$$Hf = 0{,}2429 \cdot v + 65{,}23 \text{ Schl./min},$$

wobei v die Laufgeschwindigkeit der Traber bedeutet. Daraus folgt, daß bei einer Geschwindigkeit von 0 theoretisch eine Hf von 65 Schl./min zu erwarten wäre. Tatsächlich liegen aber die Ruhefrequenzen und erst recht die Grundfrequenzen beim Pferd erheblich darunter (in Einzelfällen bis zu zwei Dritteln). Die Abweichung der gefundenen Werte von der theoretisch nach der Clark-Formel postulierten Hf läßt sich damit erklären, daß das Pferd einen besonders starken Vagustonus besitzt. Dies hat eine Bradykardie zur Folge, die eine entsprechend große Steigerungsreserve für den Fall der Arbeitsbelastung garantiert. Die Steigerungsreserve wird in unterschiedlicher Weise durch emotionelle Voranpassung in Anspruch genommen. Aus einer Arbeit von BAYER (5) geht hervor, daß bei Trabern in den Startständern Herzfrequenzen von 120 Schl./min auftreten und im Rennen Arbeitspulsfrequenzen von 205 ± 16,6 Schl./min. Ähnlich

verhalten sich Galopprennpferde vor dem Start (KRZYWANEK, WITTKE, BAYER und BORMANN, 33). Hier liegen die mittleren Hf-Werte in der Startmaschine bei 132 ± 18 Schl./min, während im Rennen durchschnittlich 223 ± 11 Schl./min erreicht werden. Die mittleren maximalen Arbeitspulsfrequenzen bei Trabern und Vollblütern liegen demnach bei 205 bzw. 220 Schl./min. Bei einem Vergleich mit der mittleren Grundfrequenz von 29 Schl./min ergibt sich, daß die Steigerungsreserve das 6- bis 7-fache derselben ausmacht.

Die Grundfrequenz stellt auf Grund ihrer strengen Definition ein geeignetes Mittel dar, um die Anpassungsbreite der Hf zuverlässig abzuschätzen. Dabei ist die einfache Bestimmbarkeit von Vorteil. Weiterhin könnte die Grundfrequenz für alle Untersuchungen von Wert sein, bei denen eine Beziehung zwischen Herzfrequenz und Leistung gesucht wird. Schließlich könnte mit ihrer Hilfe die Frage untersucht werden, ob über den ohnehin starken Vaguseinfluß hinaus eine weitere Senkung der Hf in Sinne von Trainingsbradykardien möglich ist. DUSEK (16) und MARSLAND (42) konnten zwar Hf-Senkungen unter die Norm durch tägliches ausgiebiges Training nachweisen, jedoch sind die Trainingsbedingungen für die untersuchten Traber nicht mit derartigen Dauerleistungen zu vergleichen. WITTKE und BAYER (67) fanden an Military-Pferden keine Trainingsbradykardie und vertreten die Meinung, daß dies der Tatsache einer nicht auf Ausdauer abzielenden Trainingsmethode zuzuschreiben sei. Sie verweisen darauf, daß auch beim Menschen nur Dauerleistungssportler eine ausgeprägte Trainingsbradykardie zeigen.

Die eigenen Untersuchungen bestätigen die Aussage von WITTKE und BAYER (67). Dazu ist zu bemerken, daß wahrscheinlich auch Traber keinem eigentlichen Ausdauertraining unterworfen werden. Zur weiteren Klärung dieser Frage könnten eine Bestimmung der Grundfrequenz an einer ausreichend großen Zahl von völlig untrainierten Pferden sowie Kontrollmessungen an denselben Tieren im Volltrainung interessante Informationen liefern.

Die Häufigkeit der bei den Trabern festgestellten p.av Blocks liegt mit etwa 24 % recht hoch im Vergleich zu bisherigen Angaben. So fanden WITTKE und BAYER (67) 13 %, BUCHANAN (8) 15 %, NÖRR (44) sowie HOLMES und ALPS (23) 16 %, STEEL (61) 17 % und SPÖRRI (58, 59, 6o) 18 %. Ein Grund kann in der Länge der EKG-Aufnahmen (2 bis 6 h) gesehen werden, da hier auch vereinzelt auftretende Blocks erfaßt wurden. Weiterhin beeinflussen nach SMETZER et al.(56) Rasse und Geschlecht die Häufigkeit des Auftretens. Die Autoren stellten auch ein labiles Vorkommen der Blocks fest. So zeigten Pferde zunächst Blocks, die bei Kontrollaufnahmen nach Monaten oder Jahren verschwunden waren und umgekehrt. Der von uns gefundene hohe Prozentsatz an p.av Blocks kann auch als Indikator für die Einhaltung der Versuchsbedingungen gewertet werden, denn die Häufigkeit auftretender Blocks hängt vom Vorhandensein echter Ruhebedingungen ab. Unter diesem Aspekt ist der Prozentsatz ohnehin höher anzusetzen.

Wie bereits bei den Ergebnissen angedeutet ist die W.P. des Menschen nicht direkt mit der des Pferdes vergleichbar. So ist beim Pferd nach Angaben von SPÖRRI (59, 6o) sowie nach eigenen Beobachtungen nicht das erste, sondern das zweite oder dritte av Intervall nach dem Block am kürzesten. Als Erklärung kann die unterschiedliche Genese der p.av Blocks und der W.P. bei Mensch und Pferd angesehen werden. Was beim Menschen als zunehmende "Erschöpfung" des Überleitungssystemes aufzufassen ist (HEINECKER, 2o), sollte beim Pferd eher als die Auswirkung einer physiologischen Schwankung des Vagustonus betrachtet werden. Dabei ist nach ROTHBERGER (5o) der linke Vagus eher in der Lage einen av Block zu erzeugen, da er den av Knoten stärker beeinflußt. DETWEILER und PATTERSON (11) machen rhythmische Veränderungen der Erregungsleitungsgeschwindigkeit in der Vorhofsmuskulatur für das wechselhafte Verhalten von av Intervallen im Bereich der p.av Blocks beim Pferd verantwortlich. SMETZER et al.(56) schließlich meinen, daß eine Latenz im Abfall der

Vagusaktivität zu den genannten Erscheinungen führt. Dagegen haben die Überleitungszeiten bei p.av Blocks mit vermutlich pathologischer Ursache ihre höchsten Werte erst nach diesen erreicht (SMETZER, 57).

Eine Vielzahl von Autoren (SPÖRRI, 59, 6o; DETWEILER und PATTERSON, 11; HOLMES und ALPS, 23; SMETZER et al., 56; BUCHANAN, 8 und DUBOIS, 13) stimmt darin überein, daß der Vagustonus mit seinen durch mannigfache Reflexe modifizierbaren Schwankungen für die Blockbildung beim Pferd verantwortlich ist. Dies betrifft die sehr selten vorkommenden sa Blocks wie die häufiger vorkommenden av Blocks in gleicher Weise. Eine Positivierung der T-Welle nach dem p.av Block, wie sie SPÖRRI (59, 6o) und DUBOIS (13) beschrieben haben, konnte durch eigene Untersuchungen ebenso bestätigt werden wie die von SPÖRRI (59, 6o), DUBOIS (13), HOLMES und ALPS (24) und SMETZER et al.(56) beobachtete Tatsache, daß die p.av Blocks sofort verschwanden, wenn die Hf infolge von Aufregung oder Arbeit über Werte von 4o bis 45 Schl./min anstieg. Die These von OBEL (46), wonach die Hf des Pferdes durch die Minimalfrequenz des Sinusknotens bei etwa 3o Schl./min begrenzt und eine weitere Senkung nur durch Ausfall von Kammersystolen in Form von p.av Blocks möglich sei, kann nicht bestätigt werden. Die EKG-Aufnahmen der Abb. 13 beweisen, daß wesentlich niedrigere Hf ohne zwangsläufiges Auftreten von p.av Blocks möglich sind.

SPÖRRI (59, 6o) hat die Vermutung geäußert, daß die die p.av Blocks verursachende Erhöhung des Vagustonus ihrerseits durch die Atmung induziert wird. DETWEILER und PATTERSON (11) erwähnen unveröffentliche Versuche von SPÖRRI, wonach simultane Aufzeichnungen von EKG und Pneumogrammen keine einfache Beziehung zwischen Atemzyklus und p.av Blocks erbracht haben. Auch die eigenen Versuche ließen weder im Falle der p.av Blocks noch der respiratorischen Arrhythmie eine strenge Beziehung

zur Atmung erkennen. Dies war auch nicht zu erwarten, da die Beeinflussung der herzwirksamen Vagusefferenzen durch die Atmung sehr komplexer Natur ist. Die Atmung kann nicht nur durch Lungendehnungsrezeptoren (SAALFELD, 51; ANREP et al., 1) sowie durch Veränderung des venösen Angebotes im rechten Vorhof (BAINBRIDGE, 2; SCHROEDER und BREHM, 55) sondern vor allem auch durch zentrale Irradiation von seiten des Atemzentrums auf das Kreislaufregulationszentrum und damit auf die Hf einwirken. Es spielt dabei keine Rolle, ob es nur zu einer Periodenverlängerung oder zu regelrechter Blockbildung kommt. Von SPÖRRI (58, 59) wird der BEZOLD-JARISCH-Reflex als mögliche Ursache genannt. Dieser Reflex, welcher von Rezeptoren der Koronararterien und der Kammerwandmuskulatur ausgehend ebenfalls das Vaguszentrum so beeinflußt, daß es zu einer Bradykardie und Blutdrucksenkung kommt, wirkt antagonistisch zum ebenfalls modulierenden BAINBRIDGE-Reflex.

WEIDMANN und BUCHER (64) schließlich haben bei Katzen zeigen können, daß ein gewisser Anteil vagaler Lungendehnungsrezeptoren nicht in üblicher Weise inspiratorisch sondern exspiratorisch eine erhöhte Entladungsfrequenz aufweist. Somit ist das Verhalten dieser Afferenzen durchaus nicht einheitlich zu beurteilen. Zusammenfassend ist festzustellen, daß die Modulation der Hf über das Vaguszentrum in erster Linie durch enge funktionelle Beziehung zum Atemzentrum mit Reduktion der vagalen Aktivität in der Inspirationsphase erfolgt. Darüber hinaus muß mit Bahnungs- oder Hemmungswirkungen durch die oben aufgeführten Reflexmechanismen gerechnet werden. Auch die antagonistische Wirkung eines zumindest zeitweilig erhöhten Sympathikustonus kann nicht ausgeschlossen werden, weil bei den Versuchen mit simultaner EKG und Atmungsregistrierung die Ruhebedingungen nicht so streng eingehalten werden konnten wie bei den übrigen Experimenten.

Schließlich ist noch das von der üblichen Vorstellung abweichende Bild der beim Vt.Nr. 12 gefundenen respiratorischen Arrhythmie einzugehen. Hier sind Herzschlaggruppen zu erkennen, die durch mindestens doppelt solange RR-Intervalle voneinander getrennt werden. Ganz ähnliche Verhältnisse haben WERNER et al.(65) bei ihren Messungen an Versuchshunden angetroffen. In beiden Fällen sind die Verlängerungen der Herzperiode lose mit der Ausatmungsphase gekoppelt.

V. Zusammenfassung

Um eine Bezugsgröße für die Angabe der Arbeitspulsfrequenz bei Sportpferden zu gewinnen, muß die wahre Ruhefrequenz unter streng standardisierten Bedingungen ermittelt werden. Zu diesem Zweck ist nach Kenntnis des Pulsfrequenzverlaufes (aus den 8 Vorversuchen) ein Meßzeitraum zu wählen, in dem Hf-Minima zu erwarten sind. Weiterhin dürfen aus der Umgebung keine Störungen kommen. Alle Pferde müssen in einem ihnen vertrauten Milieu untersucht werden. Am Versuchstag und am Tag davor sollen die Tiere nur kurze Zeit im Freien bewegt werden. Renn- oder starke Trainingsbelastungen müssen mindestens zwei Tage zurückliegen. Der Zeitraum zwischen der letzten Fütterung und dem Versuchsbeginn soll minimal zwei Stunden betragen.

Die unter diesen Bedingungen fortlaufend erhaltenen Mittelwerte aus 120 1-minütigen Hf-Messungen werden in dieser Arbeit als Standardfrequenzen bezeichnet. Das Mittel der unter diesen Bedingungen angefallenen 20 niedrigsten Werte wird Grundfrequenz genannt. Die Untersuchung von 29 Trabern beiderlei Geschlechts ergab eine mittlere Standardfrequenz von 33,2 $\pm$ 3,o Schl./min und eine mittlere Grundfrequenz von 29,o $\pm$ 3,1 Schl./min.

Partielle av Blocks 2.Grades traten bei 7 der 29 untersuchten Pferde (24 %) auf. Ihre Elektrokardiogramme wiesen zwischen diesen Blocks av Intervalle auf, deren Verhalten an die Wenckebach-Periodik beim Menschen erinnert. Ein zeitlicher Zusammenhang zwischen p.av Blocks und dem Exspirationsbeginn wurde an zwei Pferden bei 65 % aller Blocks im Meßzeitraum beobachtet. An einem Pferd wurde die zeitliche Beziehung zwischen Hf- Verlangsamung und Beginn der Ausatmungsphase dargestellt. Hier bestand eine Koppelung in 83 % aller aufgetretenen Verlängerungen von Herzschlagperioden.

VI. Literaturverzeichnis

1. Anrep,G.V. W.Pascual u. R.Rössler — Respiratory variations of the heart-rate: I. The reflex mechanism of the respiratory arrhythmia. Proc.Roy.Soc.(London)Biol.Sc. 119 B 191-217, 1936
II. The central mechanism of the respiratory arrhythmia and the inter-relations between the central and reflex mechanism. Proc.Roy.Soc.(London)Biol.Sc. 119 B 218-23o, 1936

2. Bainbridge,F.A. — The relation between respiration and the puls-rate. J.Physiol.(London) 54, 192-2o2, 192o

3. Bassan,L. u. W.Ott — Radiotelemetrische Untersuchungen der Herztätigkeit bei Sportpferden in Ruhe und in allen Gangarten (Schritt, Trab, Galopp). Arch.exper.Vet.med. 22, 57-74, 1968

4. Bayer,A. — Möglichkeiten der Elektrokardiographie am laufenden Tier. Berliner Münchener tierärztl.Wschr. 79, 49-52, 1966

5. Bayer,A. — Das Verhalten der Herzschlagfrequenz von Trabrennpferden im Training und beim Rennen. Berliner Münchener tierärztl.Wschr. 81, 8-11, 1968

6. Bayer,A. — Rhythmische Änderungen der Herzschlagfrequenzen aufgestallter Milchkühe. Berliner Münchener tierärztl.Wschr. 82, 345-346, 1969

6a. Bayer,A. — Persönliche Mitteilung 1969

7. Bräuning, — Vergleichende Untersuchungen über die Herztätigkeit bei Dienstpferden des Standortes Neustadt (O.-S.). Zschr.Veterinärk.(Berlin) 45, 433-453, 1933

8. Buchanan,W. — Spontaneous arrhythmias and conduction disturbances in domestic animals. Ann.N.Y.Acad.Sc., Compar.Cardiol. 127, 224-239, 1965

9. Cardinet,G.H. M.E.Fowler u. W.S.Tyler — Heart rates and respiratory rates for evaluating performance in horses during endurance trail ride competition. J.Amer.Vet.Med.Ass. 143, 1303-1309, 1963

10. Detweiler,D.K. — Elektrocardiogram of the horse. Fed.Proc. 11, 34, 1952

11. Detweiler,D.K. u. D.F.Patterson — Diseases of the blood and cardiovascular system. In: Equine Medicine and Surgery 1, 338-397, Amer.Vet.Pub.Inc. 1963

12. Disselhorst,R. u. E.Mangold — Grundriß der Anatomie und Physiologie der Haussäugetiere. 6.Aufl.Verlag P.Parey Berlin, 1931

13. Dubois,M. — Notes de cardiologie clinique 9. Bloc auriculoventriculaire partiel, intermittent, avec périodes de Wenckebach, chez un cheval. Recueil méd.vét. 141, 531-536, 1965

14. Dukes,H.H. u. H.T.Batt — Studies on the electrocardiogram of the horse. Amer.J.Physiol. 133, 265-266, 1941

15. Dukes,H.H. — The physiology of domestic animals. 7.Edition: Comstock Publishing Associates N.Y., 1955

16. Dusek,J. — Körpertemperatur, Puls und Atemfrequenz bei jungen Kladruber Pferden. Wien.tierärztl.Mschr. 54, 308-314, 1967

17. Ellenberger,W. u. A.Scheunert — Lehrbuch der vergleichenden Physiologie der Haussäugetiere. 2.Aufl.Verlag P.Parey Berlin, 1920

18. Gehring,K. — Zschr.Tierzüchtung 42, 317-423, 1939

19. Grauwiler,J. — Herz und Kreislauf der Säugetiere; vergleichend funktionelle Daten. Experientia Supplementum 26, 115-123,1965

20. Heinecker,R. — EKG Fibel. 7.Aufl.Verlag G.Thieme Stuttgart, 1967

21. Hildebrandt,G. — Die rhythmische Funktionsordnung von Puls und Atmung. (Habil.schr.) Schattauer Verlag Stuttgart, 1960

zit. nach Menzel,W. — Menschliche Tag-Nacht-Rhythmik und Schichtarbeit. Verlag B.Schwabe Basel/Stuttgart, 1962

22. Hirschberg,H. — An ECG recorder for active subjects. Electron.Engng. 36, 38-39, 1964

23. Holmes,J.R. u. B.J.Alps — Observations on partiell atrioventricular heart block in the horse. Canad.Vet.J. 7, 28o-29o, 1966

24. Holmes,J.R. u. B.J.Alps — The effect of excercise on rhythm irregularities in the horse. Vet.Rec.(London) 78, 672-683, 1966

25. Jewett,D.L. — Activity of single efferent fibers in the cervical vagus nerve of the dog with special reference to possible cardioinhibitory fibers. J.Physiol.(London) 175, 321-357, 1964

26. Kahn,R.H. — Das Pferde EKG. Pflügers Arch.Physiol. 154, 1-15, 1913

27. Klement,J. — Die Pulsfrequenz bei Pferden im Stande der Ruhe und nach der Arbeit. Sborn.ceskoslov.Akad.zem.ved. 2, (XXX), 5o7-524, 1957

28. Koepchen,H.P. u. K.Thurau — Über die Entstehungsbedingungen der atemsynchronen Schwankungen des Vagustonus (respiratorische Arrhythmie). Pflügers Arch.Physiol. 269, 1o-3o, 1959

29. Koepchen,H.P. P.H.Wagner u. H.D.Lux — Über die Zusammenhänge zwischen zentraler Erregbarkeit, reflektorischem Tonus und Atemrhythmus bei der nervösen Steuerung der Herzfrequenz. Pflügers Arch.Physiol. 273, 443-465, 1961

3o. Kolb,E. — Lehrbuch der Physiologie der Haustiere. 2.Aufl.VEB Verlag G.Fischer Jena, 1962

31. Kraft,H. u. R.Weppler — Untersuchungen zum Elektrokardiogramm des Warmblutpferdes. Tierärztl.Umschau, Konstanz 13, 1-3,1958

32. Kroneman,J. — Het elektrocardiogram van het getrainde paard. Tijdschr.Diergeneesk 91, 341-348, 1966

33. Krzywanek,H.D. G.Wittke A.Bayer u. P.Bormann — The heart rate of the thoroughbred horse during a race. Brit.Equine Vet.J.(London) 197o Im Druck

34. Künzle,K. — Elektrokardiographische, phonokardiographische und sphygmographische Untersuchungen und Blutdruckmessungen an normalen und Recosen-behandelten Pferden. Vet.med.Diss.Zürich, 1957

35. Kusachi,R u. H.Sato — Fundamental studies on electrocardiogram of the horse. II.Bipolar leads. Jap.J.Vet.Res. 3, 195-208, 1955

36. Lannek,N. u. L.Rutquist — Normal area of variation for the electrocardiogram of horses. A statistical examination of extremity leads and unipolar leads. Nord.Vet.med. 3, 1094-1117, 1951

37. Lannek,N. u. L.Rutquist — Electrocardiography in horses, a historical review. Nord.Vet.med. 3, 435-447, 1951

38. Lautenschlager,O. — Grundlagen der Aufnahmetechnik der Elektrokardiogramme von Pferd und Rind und ihre Ergebnisse. Vet.med.Diss.Giessen, 1928

39. Lepeschkin,E. — Das Elektrokardiogramm. Kreislauf-Bücherei 7, 96-99, 1947

40. Levy,N.M. H.De Geest u. H.Zieske — Effect of the respiratory center activity on the heart. Circulation Res. 18, 67-78, 1966

41. Luisada,A L.Weisz u. H.W.Hantman — A comparative study of electrogram and heart sounds in common and domestic animals. Cardiologia 8, 63-84, 1944

42. Marsland,W.P. — Heart rate response to submaximal exercise in the standardbred horse. J.Appl.Physiol. 24, 98-101, 1968

43. Nörr,J. — Das Elektrokardiogramm des Pferdes. Seine Aufnahme und Form. Vet.med.Diss.Berlin, 1913

44. Nörr,J. — 100 klinische Fälle von Herz- und Pulsarrhythmien beim Pferde. Mhefte prakt.Tierhk. 34, 177-232, 1924

45. Ott,W. — Die Bestimmung der Herzfrequenz beim Pferd während der Bewegung mittels telemetrischer Untersuchungsmethoden. Mhefte Vet.med 21, 378-382, 1966

46. Obel,N. — Fysiologiska synperunter pa det habituella atrioventrikulär blocket hos häst. Skand.vet.-tskr. 32, 2oo-2o7, 1942

47. Pilzecker,B. — Elektrokardiographische Reihenuntersuchungen an gesunden Truppenpferden. Vet.med.Diss.München, 1936

48. Reichert,A. — Klinische Untersuchungen über die normale Pulsfrequenz unserer Haustiere. Vet.med.Diss.Giessen, 19o9

49. Rihl,J. — Die Frequenz des Herzschlages. Handbuch norm.path.Physiol. 7, 45o-422, 1926

5o. Rothberger,C.J. — Allgemeine Physiologie des Herzens. Handbuch norm.path.Physiol. 7, 523-656, 1926

51. Saalfeld,E. v. — Herzreflexe pulmonalen Ursprungs. Pflügers Arch.Physiol. 231, 33-47, 1933

52. Scheunert,A. A.Trautmann u. F.W.Krzywanek — Lehrbuch der Veterinär-Physiologie. 1.Aufl.Verlag P.Parey Berlin, 1939

53. Scheunert,A. u. A.Trautmann — Lehrbuch der Veterinär-Physiologie. 5.Aufl.Verlag P.Parey Berlin, 1965

54. Schlicher,L. U.Pelper, H.Krug u. H.Böhme — Zur Genese der respiratorischen Arrhythmie. Zschr.Kreisl.forsch. 48, 835-843, 1959

55. Schroeder,W. u. H.Brehm — Untersuchungen über den adäquaten Reiz des Bainbridge-Reflexes. Pflügers Arch.Physiol. 255, 114-129, 1952

56. Smetzer,D.L. C.R.Smith u. T Senta — Second degree atrioventricular block in the horse. Amer.J.Vet.Res. 3o, 933-946, 1969

57. Smetzer,D.L. C.R.Smith u. T.Senta — High-grade second degree atrioventricular block in a horse. Amer.J.Vet.Res. 3o, 337-343, 1969

58. Spörri, H. — Der atmungsgesteuerte, reflektorische Herzblock des Pferdes. Helvet.physiol.pharmacol.Acta 9, C 81-C 82, 1951

59. Spörri, H. — Der respiratorisch induzierte Herzblock des Pferdes. Cardiologia 2o, 18o-187, 1952

6o. Spörri, H. — Über die Genese und klinische Bedeutung des partiellen Herzblockes beim Pferd. Schweiz.Arch.Tierhk. 94, 337-346, 1952

61. Steel, J.D. — Studies on the electrocardiogram of the racehorse. Austral.Med.Pub.Company Limited Sydney, 1963

62. Steel, J.D. — The electrocardiogram of racehorses: a preliminary communication. Med.J.Austral. 19, 78-79, 1957

63. Taubnitz, W. — Untersuchungen des Zirkulationsapparates bei gesunden und anämiekranken Pferden. Vet.med.Diss.Berlin, 1924

64. Weidmann, H. u. K.Bucher — Zur Frage der Spezifität der vagalen Dehnungsrezeptoren in der Lunge. Helvet.physiol.pharmacol.Acta 9, 94-1oo, 1951

65. Werner, J. A.v.Recum, E.Trautvetter u. H.Sklaschus — Über den Ruherhythmus des Herzens beim Hund. Zschr.Kreisl.forsch. 58, 593-6oo, 1969

66. Wittke,G. u. F.J.Haberich — Atmung und Puls des Pferdes in Ruhe und Bewegung. I.Mitteilung: Zeitliche Analyse der Atmung bei Ruhe, Schritt und Trab. Zschr.Biol. 1o9, 4o1-4o8, 1957

67. Wittke,G. u. A.Bayer — Die Herzschlagfrequenz vom Pferd bei Vielseitigkeitsprüfungen. Berliner Münchener tierärztl.Wschr. 81, 389-392, 1968

68. Wittke,G. A.Bayer u. H.D.Krzywanek — Variabilität und systematische Veränderungen der Puls- und Wiederkaufrequenz bei Schafen. Berliner Münchener tierärztl.Wschr. 82, 61-63, 1969

Für die gewährte Unterstützung danke ich allen Mitgliedern des Instituts für Veterinär-Physiologie, besonders Herrn Professor Dr. G. Wittke für die Überlassung des Themas und die ständige Beratung, den Herren Dr. A. Bayer und Dr. E. Schäffer für technisch-methodische Unterstützung sowie Frau Plaumann und Frau Wolschke für ihre Hilfe bei der Auswertung der Versuche.

Nicht zuletzt gilt mein Dank dem Trabertrainer Herrn F. Blaume, der mir mit großer Aufgeschlossenheit die Arbeit an den Pferden seines Stalles ermöglichte.

L e b e n s l a u f

Am 23. 7. 1941 wurde ich als Sohn des Arztes Dr. Helmut Limmer und seiner Ehefrau Elisabeth, geb. Merkel, in Dresden geboren. Vom Herbst 1947 an besuchte ich die Grundschule in Dresden. Im Jahre 1949 siedelten wir nach Berlin über. Hier erfolgte die weitere Schulausbildung in der Grundschule und im Evangelischen Gymnasium zum grauen Kloster. Meine Schulzeit endete mit Ablegung der Reifeprüfung am 23. Februar 1960.

Vom Wintersemester 1960/61 an studierte ich an der Freien Universität Berlin Humanmedizin. Zu Beginn des Wintersemesters 1964/65 änderte ich die Fachrichtung und nahm das Studium der Veterinärmedizin auf. Im September 1966 bestand ich die tierärztliche Vorprüfung. Vom Wintersemester 1966/67 an war ich zunächst als studentische Hilfskraft und später als wissenschaftlicher Hilfsassistent am Veterinär-Physiologischen Institut der F U B (Direktor: Prof.Dr.G.Wittke) tätig.

Nach Abschluß des Staatsexamens am 11. Juli 1969 und Erteilung der Approbation am 5. August 1969 war ich am gleichen Institut als wissenschaftlicher Assistent mit Teilzeitvertrag bis zum 31. März 1970 angestellt. Seit April 1970 übe ich meinen Beruf in der pharmazeutischen Industrie aus.